

**PROPUESTA HIDRÁULICA PARA LA SOLUCIÓN DE
ABASTECIMIENTO DE AGUA EN LA INSPECCIÓN EL VINO DEL
MUNICIPIO DE LA VEGA - CUNDINAMARCA**

Autores:

GERMAN HERNÁNDEZ SALDARRIAGA
CÓDIGO: 505371

GUSTAVO JÁCOME PADILLA
CÓDIGO: 505005

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
MODALIDAD PRACTICA SOCIAL
BOGOTÁ D.C.
AÑO 2019

PROPUESTA HIDRÁULICA PARA LA SOLUCIÓN DE
ABASTECIMIENTO DE AGUA EN LA INSPECCIÓN EL VINO DEL
MUNICIPIO DE LA VEGA - CUNDINAMARCA

Autores:

GERMAN HERNÁNDEZ SALDARRIAGA
CÓDIGO: 505371

GUSTAVO JÁCOME PADILLA
CÓDIGO: 505005

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:
Ingeniero Civil

Asesor:

(Ing. Msc.) Felipe Santamaría Álzate

Línea de Investigación:

Saneamiento de comunidades.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
MODALIDAD PRACTICA SOCIAL
BOGOTÁ D.C.
AÑO 2019



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

RESUMEN

El presente documento recopila el trabajo de grado en la modalidad de practica social con énfasis en la propuesta hidráulica para la solución de abastecimiento de agua de la inspección El Vino del municipio de la Vega Cundinamarca, en el cual se determina el diseño acorde a las necesidades de la comunidad de esta inspección cundinamarquesa, por lo cual en el primer capítulo observaremos las generalidades del desarrollo temático del documento, tales como el planteamiento y formulación del problema, de esta manera conocer la razón del proyecto; posteriormente, en el segundo capítulo se trataron los temas relacionados con los antecedentes y justificación de la necesidad, dando cabida a los requerimientos sociales que presenta dicha comunidad; seguidamente se continuó en el tercer capítulo a tratar lo concerniente al estado del arte del documento, donde se verificaron trabajos relacionados para tener un panorama ajustado de este tipo de proyectos; consecutivamente, en el cuarto capítulo se tratan el objetivo principal y específicos del trabajo para dar a conocer a la comunidad las metas a realizar; en el quinto capítulo se trató el tema relacionado con los marcos de referencias, tanto los (conceptuales, teóricos y legales), dando a conocer la base de interés del proyecto de grado, en el sexto capítulo se presentaron los alcances y limitaciones pertinentes al propuesta, los cuales relaciona las características que impiden o limitan el desarrollo amplio de la propuesta; desde el séptimo al doceavo capítulo se estableció la metodología del proceso de diagnóstico y diseño hidráulico, por lo cual se realiza el análisis diagnóstico de las estructuras del sistema de acueducto existente, verificación de su funcionamiento hidráulico y elaboración de la propuesta final, teniendo en cuenta un horizonte de diseño de 25 años, según lo determinado en la Resolución 0330 de 2017 y por la cual se establecen los parámetros para el diseño de sistemas de abastecimiento en Colombia emitido por el Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio.

Palabras clave: *Comunidad, Propuesta Hidráulica, Acueductos Rurales.*

ABSTRACT

The present dissertation work complies research in terms of social practice and hydraulic proposal emphasis for the solution on water supply in the Vino's village in the municipality of La Vega in Cundinamarca's department, in which was the proper design of the aqueduct system determined according to on the community's needs of this study area. In the first chapter is briefly the overall strategies listed and described for the development of this research such as problem formulation and approach to understand the objective of this research project, additionally, in the second chapter is the theoretical framework and justification outlined; in the third chapter is the state of the art explained, in this part different research works and papers were analyzed to get an overview in this topic; consequently, in the fourth chapter are the main and specific objectives summarized, in the fifth chapter is the conceptual, theoretical and legal framework described ; in the sixth chapter is the scope and limitations of the design proposal presented; form the seventh to twelfth chapter is the methodology of the diagnosis process and hydraulic design presented, in this part was verified the existing aqueduct system in the study area and its operation, additionally, was a diagnosis on its structure made to elaborate the final proposal taking into account a 25-year time horizon as is in Resolution 0330 of 2017 determined in which is the main parameters established for the design of supply systems in Colombia issued by the Ministry of Housing City and Territory.

Keywords: Community, Hydraulic Proposal, Rural Aqueducts

Translate by: M.Sc. Jennifer Bocanegra

NOTA DE ACEPTACIÓN

PRESIDENTE DEL JURADO

JURADO 1

JURADO 2

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos especiales a la comunidad de la inspección de El Vino, por sus aportes al documento, todo dentro de un proceso de transmisión que nos llenó de conocimiento y nos cultivó el interés por el servicio a comunidades, desde nuestra visión académica.

Al equipo académico encabezado por nuestro asesor el Ingeniero Felipe Santamaría por sus aportes en las soluciones técnicas del proyecto y a todo el equipo de coordinación de trabajos de grados por sus observaciones que fortalecieron la estructura de este.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. GENERALIDADES.....	17
1.1. PLANTEAMIENTO	17
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD.....	18
2.1. ANTECEDENTES	18
2.2. JUSTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD	19
3. ESTADO DEL ARTE.....	20
4. OBJETIVOS.....	22
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	22
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
5. MARCO DE REFERENCIA	23
5.1. MARCO CONCEPTUAL.....	23
5.1.1. Fuentes de abastecimiento en Colombia.	23
5.1.2. Índice de Escasez.	23
5.1.3. Acueductos comunitarios y suministro de agua en Colombia.	24
5.1.4. Participación social de la comunidad en la gestión del agua potable.	24
5.1.5. Parasitosis intestinales de la comunidad rural.	25
5.1.6. Antecedentes de la gestión comunitaria del agua.....	25
5.2. MARCO TEÓRICO	26
5.2.1. Calidad de agua y salud pública – miembros del cuerpo académico dinámica y conservación ambiental de la UMAN de agronomía y ciencias, UAT.	29
5.2.2. Mínimo vital del agua.....	29
5.2.3. ODS – Agua Limpia y Saneamiento.	30
5.2.4. DNP – (Departamento Nacional de Planeación) – Evolución de las coberturas de los servicios de acueductos y alcantarillado (1985-2013).....	30
5.2.5. Gobernación de Cundinamarca – Programa institucional “Agua a la vereda”. 31	
5.3. MARCO LEGAL.....	34
6. ALCANCE Y LIMITACIONES	37
6.1. ALCANCE	37
6.2. LIMITACIONES	38

7. GESTIÓN SOCIAL	39
8. METODOLOGÍA	41
8.1. FASE I – (RECONOCIMIENTO DE LA POBLACIÓN)	41
8.2. FASE II – (RECOPILACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LA LÍNEA BASE)	47
8.2.1. Revisión de topografía base.	47
8.2.2. Revisión de Hidrología de la fuente.	48
8.3. FASE III – (PROCESO DE DIAGNOSTICO Y DISEÑO DE PROPUESTA HIDRÁULICA)	53
8.3.1. Análisis de población.	53
8.3.2. Análisis de consumo de agua y caudales de dotación.	55
8.3.3. Diagnóstico y diseño de obra de captación.	57
8.3.4. Diagnóstico y diseño de la línea de aducción de bocatoma a desarenador.	63
8.3.5. Diseño del desarenador.	67
8.3.6. Diagnóstico y diseño de red de conducción – Desarenador a Tanque.	73
8.3.7. Tanque de almacenamiento.	81
8.3.8. Red de distribución.	84
8.3.9. Análisis económico de la propuesta.	87
8.4. FASE IV – (PROCESO DE DIVULGACIÓN Y ENTREGA A COMUNIDAD)	88
9. CONCLUSIONES.....	89
10. RECOMENDACIONES.....	91
ANEXOS	93
BIBLIOGRAFÍA.....	94

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Factores determinantes en los sistemas de acueductos	26
Tabla 2. Marco Normativo Aplicable	34
Tabla 3. Registros de visitas y acompañamiento de la comunidad.	40
Tabla 4. Modelo de formulario de preguntas.....	45
Tabla 5. Contenido de Modelo de formulario de preguntas.....	46
Tabla 6. Tabla de determinación de intensidades de lluvia para la construcción de las curvas IDF	51
Tabla 7. Métodos de proyección de población	53
Tabla 8. Promedio de población por métodos.....	54
Tabla 9. Análisis consumo de agua y caudales de dotación	55
Tabla 10. Consumo per-cápita.....	56
Tabla 11. Análisis de pérdidas y consumos netos.....	56
Tabla 12. Proyección de Caudales de diseño - Estructuras existentes	57
Tabla 13. Diagnostico bocatoma de fondo existente	58
Tabla 14. Verificación hidráulica y diseño, rejilla y aducción existente	60
Tabla 15. Verificación y diseño cámara de recolección y exceso, existente.....	62
Tabla 16. Datos de entrada, verificación y diseño línea de aducción	64
Tabla 17. Calculo de condiciones a tubo lleno, línea de aducción	64
Tabla 18. Verificación y diseño, desarenador	68
Tabla 19. Localización de puntos de apoyos para pasos elevados	74
Tabla 20. Localización de válvulas de ventosa y purga.....	75
Tabla 21. Distribución de presiones en los nodos.	78
Tabla 22. Caudal, velocidad y factor de fricción relacionados en el transporte del sistema actual.....	80
Tabla 23. Datos de entrada - Tanque de almacenamiento.....	82
Tabla 24. Verificación de cumplimiento según resolución 0330 - Tanque de almacenamiento	82
Tabla 25. Análisis, capacidad de almacenamiento del tanque	83

Tabla 26. Cálculos del volumen útil del tanque	83
Tabla 27. Proyección de la capacidad del tanque - periodo de 25 años.....	83
Tabla 28. Resumen de Presupuesto El Vino.....	87

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Dinámica anual de la disponibilidad per cápita de agua registrada en Colombia	23
Ilustración 2. Sistema Básico de Acueductos.....	28
Ilustración 3. Publicidad del programa "Agua la vereda"	32
Ilustración 4. Programa de gobierno, gobernador electo - periodo 2020 - 2023.	33
Ilustración 5. Localización por imagen satelital, inspección de El Vino.....	37
Ilustración 6. Localización estación hidrometeoro lógica "El Acomodo"	49
Ilustración 7. Representación de la Hoya hidrológica, rio Sabaneta.....	49
Ilustración 8. Informe hidrológico base de los caudales mínimo, medio y máximo, rio Sabaneta	52
Ilustración 9. Esquema en planta de la bocatoma de fondo existente, rio Sabaneta	57
Ilustración 10. Esquema frontal de la bocatoma de fondo existente, rio Sabaneta.....	58
Ilustración 11. Localización de la red de conducción existente	73
Ilustración 12. Esquema básico en planta de la línea de conducción.....	75
Ilustración 13. Perfil del terreno básico de la línea de conducción	75
Ilustración 14. Básico de modelación de la red conducción existente Tiempo 24:00 Hr... ..	76
Ilustración 15. Básico de modelación de la red conducción existente Tiempo 1:00 - 22:00 Hr.	77
Ilustración 16. Modelación EPANET hora 11:00 am, modelo existente.....	85
Ilustración 17. Modelación EPANET hora 3:00 am, modelo existente.....	85
Ilustración 18. Modelación EPANET a las 11:00 am	86
Ilustración 19. Modelación EPANET a las 3:00 am	86

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1. Representación de la cobertura 2009-2013 de los sistemas de acueducto en Colombia	31
Gráfico 2. Distribución hombres y mujeres de la inspección de El Vino	41
Gráfico 3. Distribución de edades, inspección de El Vino	42
Gráfico 4. Usos de vivienda, inspección de El Vino	42
Gráfico 5. Resultado Levantamiento de información pregunta 1	43
Gráfico 6. Resultado Levantamiento de información pregunta 2	44
Gráfico 7. Resultado Levantamiento de información pregunta 3	44
Gráfico 8. Resultado Levantamiento de información pregunta 4	45
Gráfico 9. curva de factor K	50
Gráfico 10. Curva IDF de la inspección de El Vino.....	52
Gráfico 11. Tendencia de los datos de población 2011 & 2015.....	55
Gráfico 12. Sección transversal modelación HEC-RAS - Hidrología de base.....	60

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 1. Levantamiento de información población de El Vino	46
Fotografía 2. Estado de la red de aducción existente	63
Fotografía 3. Estado actual del desarenador	67
Fotografía 4. Paso elevado de la red de conducción	74
Fotografía 5. Localización de red de aducción por zona de movimiento de suelos	74
Fotografía 6. Tanque de almacenamiento existente	81
Fotografía 7. Estado y localización aparente de la red de distribución	84
Fotografía 8. Divulgación ante la comunidad	88

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso indispensable para el desarrollo de las comunidades, sin embargo, en las últimas décadas se ha visto afectado por la contaminación a nivel mundial, por lo que diferentes naciones han aunado esfuerzos para construir políticas que permitan el uso eficiente, sostenible y sustentable del recurso hídrico. Un ejemplo de ello es la cumbre de New York (Estados Unidos) realizada por la ONU (Organización de las Naciones Unidas) en 2015, en la cual se reunieron 193 líderes mundiales entorno a los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS y tuvo como objetivo el tratar de diversos puntos importantes para el mejoramiento de las comunidades internacionales, por ende, abrieron el objetivo número 6 el cual involucra el enfoque del documento, el cual abarca la disponibilidad de agua y su gestión sostenible, por consiguiente desengloba las razones y problemáticas relacionadas a la extracción de agua, utilizados comúnmente para el uso de la agricultura y la producción energética.(Dahan 2016)

Desde el ámbito nacional las políticas de desarrollo para cubrir las necesidades de suministro y abastecimiento de agua en Colombia presenta una serie de problemáticas principales, conexas al poco fortalecimiento de las infraestructuras de los sistemas de acueducto, dichos sistemas de abastecimiento en Colombia presentan una diversidad de falencias correspondientes a la falta de recursos económicos, para cumplir con los parámetros de cobertura a nivel nacional, específicamente en el componente de acueducto, puesto que los alcances y metas propuestas por el plan de gobierno nacional del periodo 2014 a 2018 siendo la región andina, caribe y pacífica beneficiadas en inversión en \$3.6 billones de pesos, \$2.5 billones de pesos y \$1.2 billones de pesos respectivamente.(Delgado Gómez 2018), es importante que trascienda a entornos de nivel jerárquico más local.

Teniendo en cuenta lo anterior, el PDA (Plan Departamental de Agua), el cual corresponde al comité de regalías enfocado específicamente a proyectos direccionados al abastecimiento y saneamiento de cada uno de los 32 departamentos de Colombia, los cuales por medio de recursos de participación municipal y en algunos casos departamental y nacional se efectúa un desarrollo en la infraestructura de los sistemas de acueducto, el cual en el caso de Cundinamarca ha realizado en el último año gravable 2018 una inversión cercana a los \$200.000 millones de pesos en proyectos de agua potable y saneamiento básico, contribuyendo al mejoramiento de las condiciones de vida de los cundinamarqueses. (Cundinamarca 2018)

El presente proyecto de énfasis social está enfocado principalmente en la propuesta de hidráulica del sistema de acueducto para la inspección El Vino del municipio de La Vega – Cundinamarca, con el fin de mejorar las condiciones de transporte y distribución del recurso

hídrico actuales del sistema acueducto a sus habitantes, por lo tanto, se propone realizar investigación del estado de la red, estados de las estructuras hidráulicas, diseño de modelación de la misma y estimación de cantidades de obra para un futuro análisis económico y posterior construcción del sistema de abastecimiento, dando como resultado la alternativa adecuada que cumpla con los parámetros normativos establecido en la Resolución 0330 de 2017, que establece los parámetros de diseño para el sector agua potable y saneamiento básico. Procurando mejorar las condiciones de calidad de la distribución del recurso hídrico, para contribuir al desarrollo económico del sector, así garantizar el abastecimiento y continuidad del servicio de agua potable, con el fin de atender las necesidades básicas insatisfechas de la población afectada, teniendo en cuenta la invitación recibida por parte de la junta de acción comunal de la inspección de El Vino.

1. GENERALIDADES

1.1. PLANTEAMIENTO

El acueducto de la inspección El vino lleva en funcionamiento más de 30 años al servicio de la comunidad, el cual fue creado por los habitantes del centro poblado dado que no contaban con un sistema de acueducto para su respectivo abastecimiento de agua, y que en la actualidad presenta una serie de problemáticas tanto en suministro como estructuralmente. Adicional según informe de diagnóstico **“PR-DIAG-ELVINOAC-V04”** para la optimización del sistema de acueducto realizado en el año 2016 por la empresa MYR Ingeniería S.A.S, encontramos que el acueducto existente presenta una serie de falencias las cuales son; que la fuente de donde se suministra el agua para los periodos de escasez no supe el abastecimiento requerido, la zona donde se realiza la captación presenta constantemente taponamientos, adicional no posee muros de contención encauzamiento y disipaciones de energía, las cámara de recolección no tienen un tamaño adecuado lo cual causa rebose y perdida del suministro, la tubería de aducción se encuentra deteriorada en varios punto de la red generando fugas y perdidas de presión, las estructuras del desarenador presentan deterioros en la paredes como son fisuras, las estructuras que fueron proyectadas para épocas de verano estación de bombeo, se encuentran abandonadas y fuera de servicio por cual nunca se pusieron en funcionamiento, la tubería de conducción que conlleva al tanque de almacenamiento y que distribuye el agua a la población en varios tramos presenta uniones clandestinas realizadas con caucho hechas por los mismos habitantes de la comunidad.

De acuerdo con lo anterior se procede realizar la propuesta hidráulica para garantizar el suministro de agua potable a toda la población en forma constante acorde a la normatividad vigente.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál sería la propuesta hidráulica para mejorar el abastecimiento de agua para la comunidad de la inspección El Vino del municipio de la Vega Cundinamarca?

2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD

2.1. ANTECEDENTES

El sistema de acueducto de la inspección El Vino cuenta con una antigüedad en su construcción y operación de más de 30 años, el cual demuestra un deterioro importante del sistema estructural existente.

Por lo cual se evidencia un déficit en la operación adecuada del mismo, debido a taponamientos en las estructuras ocasionado a desprendimientos de las paredes internas de cada obra, así mismo cabe aclarar que dicho sistema ha sido construido por la comunidad del sector, dado la falta de recursos suministrados por la alcaldía de La Vega-Cundinamarca, según lo comunicado por los representantes de la junta de Acción Comunal, adicionalmente, teniendo en cuenta que la inspección se encuentra a 50 minutos de la cabecera municipal, lo cual representa gastos adicionales en transporte de material para el gobierno municipal, por ende la asociación en búsqueda de soluciones a las problemáticas de abastecimiento, se han visto en la necesidad de buscar soluciones empíricas en términos de mantenimiento de su propio sistema, por lo cual se encuentran en la búsqueda de alternativas que les permitan mitigar los daños en la red y así evitar las pérdidas de agua a la llegada del tanque de almacenamiento, dichas alternativas de solución establecidas por la comunidad no son acorde a procesos constructivos y de reparación del sistema.

El sistema se encuentra administrado por la asociación de usuarios **ACUELVINO**, dicha asociación presta el servicio a 140 usuarios o puntos de servicio, los cuales realizan un pago de facturación bimestral de Diez mil Pesos M/cte. \$10.000,00, este valor por el número de usuarios cubre la operación actual del sistema, el cual cuenta con un personal operativo de 2 fontaneros, dichos funcionarios cubren 2 jornadas de trabajo los cuales son los encargados del mantenimiento preventivo y operacional para la prestación del servicio del recurso hídrico.

De acuerdo a la información suministrada por la oficina de la Asociación de usuarios ACUELVINO actualmente el acueducto de la inspección abastece adicionalmente, una población flotante (estudiantil) de 400 estudiantes, los cuales permanecen en la institución en una jornada continua de 7:00 am a 1:00 pm y una jornada de media técnica hasta las 5:00 pm, por lo cual se les debe garantizar la prestación de servicio de agua en su jornada escolar en épocas de verano e invierno, para evitar patologías epidemiológicas en la institución educativa.

La comunidad no cuenta con planta potabilizadora convencional dentro de su sistema de acueducto, pero si cuenta con una planta compacta de filtración, la cual fue donada por una fundación Holandesa, con el fin de realizar tratamiento al flujo de agua que proviene del Río Sabaneta, cabe resaltar que dicha planta no procesa un fluido hídrico totalmente clarificado la cual queda con un porcentaje de turbidez aparente en el agua, por consiguiente la asociación de acueducto opta por la venta de botellones de agua por un valor de Seis Mil Pesos M/cte. \$6.000,00, para posteriormente ser usado para el consumo, según lo informado por el presidente de la Junta de Acción Comunal de la inspección El Vino.

2.2. JUSTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD

La comunidad del sector requiere evaluar y determinar la propuesta hidráulica adecuada para la población acorde a la normatividad vigente, teniendo en cuenta la antigüedad de las estructuras, el estado de la red de aducción y conducción, pérdidas en la red y bajas presiones en los puntos de almacenamiento local de cada hogar. Además, según Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – Res. 0330 de 2017 el periodo de diseño para un acueducto es de 25 años a 30 años.

La Asociación de Acueducto ACUELVINO y la Junta de Acción Comunal de la Inspección realizaron un comunicado del día 01 de marzo de 2019 según **ANEXO 17.1**, donde relacionan las falencias con respecto al sistema de acueducto actual, solicitando realizar la visita de reconocimiento y mesa de trabajo, con el fin de verificar la problemática de suministro del recurso vital. Posteriormente, se realizó la visita de reconocimiento el día 09 de marzo de 2019, en donde se evidenció la falta de gestión en inversión económica del municipio para garantizar uno de los derechos vitales como es el acceso más óptimo de este recurso, el abandono de las instalaciones, tales como la caseta de bombeo, la cual se planificó como contingencia con el fin de garantizar a la comunidad el servicio continuo de suministro del agua en las épocas de verano. Según lo anterior, se requiere una propuesta hidráulica de distribución para la inspección para poder garantizar el aprovisionamiento hídrico.

Cabe aclarar que para la asociación de acueducto es importante desarrollar un análisis de su infraestructura hidráulica, teniendo en cuenta que la Gobernación de Cundinamarca desarrolla programas de convocatoria de inversión en acueductos veredales presentes en el ente territorial, con el fin de fortalecer dichos sistemas de abastecimiento de manera local, generando recursos económicos, los cuales pueden ser amortizados por los representantes de las asociaciones locales de acueducto. Dichos programas son encargados de evaluar de manera física la infraestructura del acueducto y se encuentra enmarcado bajo la denominación social “AGUA A LA VEREDA”, la cual apoya a sistemas veredales pequeños con sumas económicas que no superan los **CUARENTA MILLONES DE PESOS M/CTE. \$ 40'000.000,00**, para el mejoramiento o adecuación de estructuras o cambio de tuberías de aducción y conducción.

Según la Jefe de Desarrollo Social, y el perfil epidemiológico del municipio de La Vega, en la inspección de El Vino, se presenta un alto índice de enfermedades diarreicas, respiratorias y dermatitis en menores de edad debido al consumo de agua cruda. Adicionalmente, gran parte de la población presenta fluorosis dental según las declaraciones del centro médico de El Vino.

3. ESTADO DEL ARTE

Según el informe de diagnóstico del contrato de consultoría No. EPC-C-215-2014 que la empresa MYR Ingeniería S.A.S celebró con las Empresas Públicas de Cundinamarca S.A ESP, se pudo evidenciar que el principal objetivo de este estudio es el diagnóstico sistema de acueducto de la inspección El Vino, donde se logró realizar un panorama integral al acueducto existente. Consiguiendo así una breve descripción del estado actual de los diferentes componentes, parámetros y criterios que hacen parte del sistema de acueducto (captación, aducción, conducción, almacenamiento y distribución).

Por lo cual se considera un punto de vista muy importante dado que la información planteada en el informe de diagnóstico tiene como finalidad describir las condiciones mínimas que deben de cumplirse mediante diseños, construcción y operación de las estructuras de la red de distribución de un sistema de acueducto. Siendo esto un aspecto técnico y administrativo teniendo en cuenta las consideraciones de normatividad vigente según la resolución 0330 de 2017 además de las normas que lo complementan y lo modifican. Dado que este estudio está basado con la normatividad RAS 2000.

Por otra parte, en Colombia la gran mayoría de las poblaciones pequeñas no cuentan con un servicio óptimo de agua potable, dado que la infraestructura no es la más adecuada. Por lo cual ocasiona una serie de adversidades como son riesgos en la salud al ser humano, y grandes desperdicios del recurso, acortando a que más usuarios del servicio reciban el debido suministro de agua potable. Teniendo en cuenta esta información base suministrada por EPC, Empresas Públicas de Cundinamarca nosotros como estudiantes podemos realizar un ajuste y actualización, terminación o formulación de planes correspondientes a los sistemas de acueductos en zonas urbanas y centros de inspección del Departamento de Cundinamarca, con el fin de generar alternativas de solución correspondientes al análisis y diseños necesarios para garantizar la prestación de un servicio óptimo.

Adicionalmente se enmarca dentro el estado del arte del documento la descripción de diferentes trabajos, los cuales fueron puntos de partida para la construcción de dicho documento, los cuales son documentos que contienen la temática de diseño de sistemas de acueducto rurales y los cuales benefician a comunidades circundantes a dichos proyectos. Los presentes trabajos con los siguientes:

- Diseño del sistema de “Acueducto de la vereda Tóriba y Sucre, municipio de San Francisco.” Dicho documento fue elaborado por el CONSORCIO ESTRUCTURACIÓN CUNDINAMARCA NIT. No. 900.400.292-5, el cual presenta una estructura de cálculo y diseño del sistema de dichas veredas, estructurando una metodología de diseño para el sistema de acueducto del municipio de San Francisco, el cual se encuentra a 7 Km de distancia del proyecto en estudio.
- Trabajo de grado “Diseño acueducto vereda el Retiro – Municipio de Santa María (Boyacá).” Este documento fue elaborado en su momento por el estudiante PEDRO ARBEY JAIME ROA de la Universidad de La Salle en el año 2008, el cual presenta un documento de diseño para dar solución de abastecimiento a una comunidad boyacense, el cual cuenta con el diseño, metodología y costos para el sistema de acueducto a

proyectado, esta población se encuentra a más de 60 Km de distancia del proyecto en estudio.

- Trabajo de grado “Diseño de acueducto para la vereda La Mina ubicada en la zona rural del municipio de Miranda Cauca”, propuesta elaborada en su momento por el estudiante ALEXANDER VELASCO SARRIA de la Universidad Nueva Granada en el año 2016, este trabajo de grado se encuentra enfocado a la comunidad de la vereda La Mina, el cual contiene un componente social importante teniendo en cuenta que el documento está encaminado a una población vulnerable y con poca atención del estado, debido a las condiciones sociodemográficas y de seguridad que presenta esta vereda, debido a su lejanía con el casco urbano.
- Trabajo de grado “Diagnóstico y mejoramiento del sistema de acueducto del municipio de Mesitas del Colegio (Cundinamarca)”. Este documento fue elaborado en su momento por los estudiantes ANDRÉS FELIPE ARBOLEDA TRIVIÑO y BRAYAN ALEJANDRO RUIZ CORREDOR de la Universidad Católica de Colombia en el año 2017, el cual presenta un documento de diseño para dar solución de abastecimiento a una comunidad cundinamarquesa, el cual cuenta con el diseño, metodología y costos para el sistema de acueducto a proyectado, esta población se encuentra a más de 20 Km de distancia del proyecto en estudio.
- Trabajo de grado “Optimización del diseño hidráulico del acueducto veredal del alto del ramo de municipio de Chipaque que – Cundinamarca.” Este documento fue elaborado por los estudiantes MISAELE DUARTE SANDOVAL CHAPARRO y GERMAN ALONSO PARRADO ROZO de la Universidad Católica de Colombia en el año 2017, el cual presenta un documento de diseño para dar solución de abastecimiento a una comunidad cundinamarquesa, el cual cuenta con el diseño, metodología y costos para el sistema de acueducto a proyectado, esta población se encuentra a más de 40 Km de distancia del proyecto en estudio.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Presentar una propuesta hidráulica para la solución del problema de abastecimiento de agua del sistema de acueducto de la inspección El Vino del municipio de La Vega, Cundinamarca.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar por medio de una herramienta de recolección de información, las condiciones sociodemográficas de las necesidades de la comunidad a servir.
- Proyectar una propuesta hidráulica acorde a las necesidades de abastecimiento, con el fin de entregar un insumo adecuado en términos de la prestación del servicio a la comunidad.
- Generar transferencia de conocimiento de la propuesta hidráulica a la población, mediante socialización del proyecto y participación colectiva de la comunidad.

5. MARCO DE REFERENCIA

5.1. MARCO CONCEPTUAL

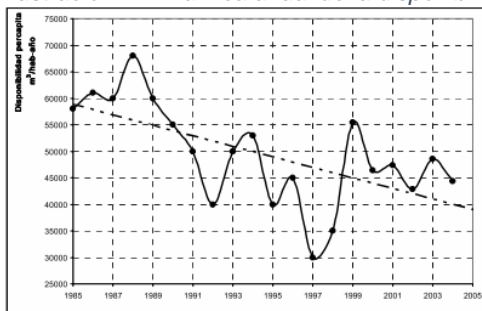
5.1.1. Fuentes de abastecimiento en Colombia.

Las fuentes de abastecimiento son recursos de alta importancia para el territorio colombiano teniendo en cuenta la capacidad hídrica que contienen para el suministro de agua, la protección de las mismas debe ser de responsabilidad compartida con las comunidades para efectuar un cambio positivo, teniendo en cuenta el cambio climático global que ha afectado a las regiones rurales, de acuerdo a lo enfocado en los sistemas de planificación, se establecen ecosistemas priorizados para la protección, tales como: nacimientos de agua, humedales, riberas de cauce expuestas a la ganadería, zonas de páramo, zonas de bosque asociados a la ganadería, áreas de alta pendiente con problemas de erosión. Posteriormente, por lo cual es importante la caracterización de las áreas de los afluentes a trabajar (Recamán 2017).

5.1.2. Índice de Escasez.

En el territorio colombiano la dinámica anual de disponibilidad per cápita de agua tiene una tendencia a la baja, según lo observado en la (Ilustración 1) lo cual demuestra una potencial relación de emergencia para el nuevo siglo, por consiguiente, se estima condiciones de escasez en las regiones donde los afluentes hídricos sea insuficientes, teniendo en cuenta que Colombia se encuentra en una región intertropical especial para las condiciones de precipitación y su topografía es diversa a lo largo y ancho del país, por lo tanto las escorrentías en terrenos ondulados y montañosos generan una diversidad de alternativas de abastecimiento para evitar índices de escasez altos y problemáticas de consumo de agua para la comunidad. (Evaluación, Recurso y Colombiano 2008)

Ilustración 1. Dinámica anual de la disponibilidad per cápita de agua registrada en Colombia



Fuente: <http://www.ideam.gov.co/indicadores/agua5.htm>, modificada

5.1.3. Acueductos comunitarios y suministro de agua en Colombia.

En Colombia los acueductos verdiales surgieron en consecuencia a la falta de cobertura del servicio de agua potable, principalmente en las poblaciones más vulnerables. Por lo tanto, un acueducto comunitario es un sistema de abastecimiento de agua el cual es administrado por sus mismos pobladores de la zona donde su objetivo primordial es el mejoramiento en temas de transporte, calidad, y cantidad a la hora de la prestación del servicio garantizando el suministro de agua para toda la comunidad en general. Se dice que en *“Colombia hay más de 12.000 acueductos comunitarios con diferentes niveles de organización. Muchos acueductos funcionan simplemente como proveedores de agua. Sin embargo, algunos han avanzado en su organización y desarrollo tecnológico que trasciende el servicio de suministro de agua para convertirse en organizaciones comunitarias involucradas en la planificación del territorio”* (Llano-Arias 2015) dada a esta cantidad de demanda se establece la ley 142 de 1994 la cual es la responsable de la prestación eficiente de los servicios públicos domiciliarios de las comunidades más desfavorables.

En la actualidad la política colombiana de abastecimiento de agua potable y el saneamiento en áreas rurales tiene como primordial el objetivo de promover el acceso a estos servicios reconociendo la necesidad de enfoques diferenciados, donde se consideren soluciones individuales. Alternativas adecuadas para garantizar el acceso al agua potable en regiones dispersas. Por lo cual sus objetivos incluyen, lograr el acceso mundial a los servicios básicos de agua potable; y reducir a la mitad la proporción de la población sin acceso en hogar de servicios de agua potable gestionados de manera segura. Por lo tanto los sistemas de acueducto son reconocidos dados que son una alternativa potencial de abastecimiento en zonas rurales alejadas de las grandes ciudades.(Gowing et al. 2015)

5.1.4. Participación social de la comunidad en la gestión del agua potable.

El contexto de los acueductos comunales, las asambleas son una forma de construir la ciudadanía y comprometerse políticamente con los asuntos relacionados al abastecimiento del recurso como lo es el agua. Al mismo tiempo, las asambleas son espacios públicos en los que ciertos actores muestran su poder e influyen en las decisiones de las personas. Donde la participación en gestiona al agua es una herramienta donde se logra ver un enfoque íntegro de las problemáticas generando prioridades, en la contribución a la optimización del agua haciendo efectivo su manejo. (Buisman 2016)

La participación social dentro de las comunidades en términos de la administración del recurso hídrico y/o distribución de agua es de gran importancia, teniendo en cuenta que se genera un conocimiento propio del sistema, aquella selección participativa se conoce como la selección de aguadores o fontaneros los cuales cumplen un papel importante dentro de la memoria histórica de los acueductos y las problemáticas del mismo. (Pimentel-Equihua, Velázquez-Machuca y Palerm-Viqueira 2012).

5.1.5. Parasitosis intestinales de la comunidad rural.

En el mundo el 80% de las tasas de morbilidad y mortalidad es ocasionada por la ingesta de agua insalubre, la cual se convierte en los problemas de salud más importante en países en desarrollo, tales como Colombia, estos factores contribuyen a la disminución de las capacidades mentales de un individuo que resida en una comunidad en subdesarrollo ya sea por los estancamientos en las fuentes lo cual puede repercutir en la salud pública específicamente en la generación de parasitosis tales como “*Entamoeba coli*, *Entamoeba hartmanni*, *Endolimax nana*, *Iodamoeba butschlii* y *Chilomastix mesnili*” debida al consumo, de dicho modo los seguimientos en el mejoramiento de los sistemas de acueducto desde su planta física, redes y sistemas de tratamiento hace parte del mejoramiento de la salud pública de las poblaciones con asentamientos crecientes como lo es el caso de las zonas rurales. (Hernández Rendón et al. 2010).

5.1.6. Antecedentes de la gestión comunitaria del agua.

“Los acueductos comunitarios surgieron ante contextos de urbanización no planificada por urbanizadores privados e informales, que generalmente vendían o disponían de lotes sin dotación de servicios públicos”. Dada a la falta de cobertura de los acueductos en Colombia en las poblaciones pequeñas donde dichas poblaciones se han dado respuesta a la propia necesidad de abastecimiento de agua debido a la ausencia del estado. De esta misma manera lograron realizar una especie de régimen, las cuales se formaron a través de juntas comunales con el fin de contribuir a la realización de acueductos construidos por la misma comunidad. Con el fin de suplir las necesidades de suministro de agua, y la prestación del buen servicio a la población. (Gomez Bustos 2014)

El Sistema de distribución de agua en la ciudad de Bogotá el cual abastece a una gran población de habitantes y que garantiza una optimización en los procesos de distribución, generando un desarrollo de e implementación de las mejores prácticas, En la generación como subproducto del sistema de distribución. Esto hace que los procesos implementados en el abastecimiento de grandes de sistemas de acueductos sean más acordes. (Aldana y López 2017).

5.2. MARCO TEÓRICO

Para abordar el marco teórico se presentarán los factores determinantes de los sistemas de acueducto, teniendo en cuenta el enfoque de trabajo de grado el cual se relaciona como Proyecto Social, y lo dispuesto en la resolución 0330 de 2017, dichos aspectos se relacionan a continuación:

Tabla 1. Factores determinantes en los sistemas de acueductos

FACTORES DETERMINANTES EN LOS SISTEMAS DE ACUEDUCTOS	
Proyección población	En este caso la proyección de población será necesario verificar los datos e información de la comunidad, ya sea por medio de la alcaldía municipal o censos debidos a información del sisben o los datos censales emitidos del DANE, por consiguiente, se seguirán las consideraciones del Capítulo 1 – “Aspectos Generales”.(MVCT Territorio
Dotación neta	Es la cantidad de agua usada en cada una de las actividades que realiza una comunidad ya sea de modo doméstico o industrial para satisfacer sus necesidades, por consiguiente, se seguirán las consideraciones del Capítulo 1 – Aspectos Generales Art. 43. (MVCT Territorio 2017) (López Cualla 2003)
Dotación bruta $d\text{ bruta} = \frac{d\text{ neta}}{1 - \%p}$	La dotación bruta se debe calcular conforme al diseño de cada uno de los componentes que conforman un sistema de acueducto, por consiguiente, se seguirán las consideraciones del Capítulo 2 – Sistema de Acueducto Art. 44, (MVCT Territorio 2017) (López Cualla 2003)
Caudal medio diario $Q_{md} = \frac{p * d\text{ bruta}}{86400}$	Este se obtiene de un año de registros con una base a la estimación del caudal máximo diario y del máximo horario. por consiguiente, se seguirán las consideraciones del Capítulo 1 – Aspectos Generales Art. 43, (MVCT Territorio 2017) (López Cualla 2003)
Caudal máximo diario (QMD) $QMD = Q_{md} * k1$	Correspondiente al consumo en 24 horas en un periodo de un año, el cual proporcionará la condición de diseño para las obras puntuales del sistema hasta el tanque. (MVCT Territorio 2017) (López Cualla 2003)
Caudal máximo horario (QMH) $QMH = QMD * k2$	Correspondiente al consumo máximo en una en una hora un periodo de un año, el cual proporcionará la condición de diseño para las redes de distribución. (MVCT Territorio 2017) (López Cualla 2003).

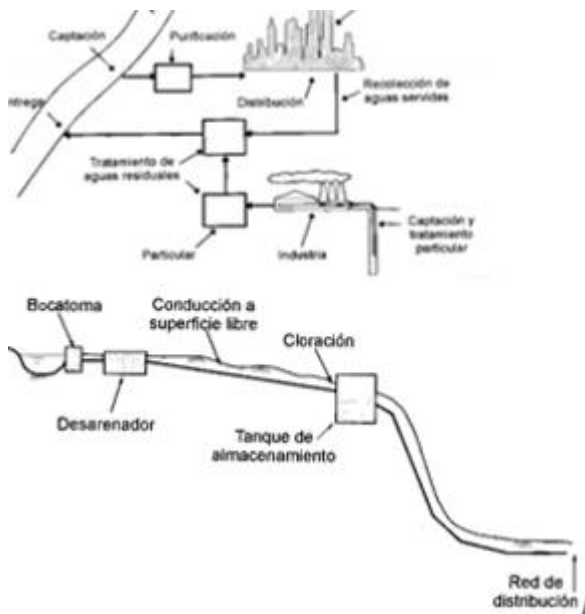
Periodo de diseño	El periodo de diseño se determina como el periodo en el cual una infraestructura presta su servicio con eficiencia, para el caso normativo es un periodo de 25 años según lo dispuesto en las consideraciones del Capítulo 1 – Aspectos Generales Art. 40. “Periodo de Diseño”. (MVCT Territorio 2017) (López Cualla 2003)
Sistema de acueducto	Los sistemas de acueducto son aquellos sistemas de abastecimiento de agua que permiten el suministro de agua a una comunidad, partiendo de un sistema de captación hasta el usuario o población de consumo.
Sistema de captación	Los sistemas de captación comunes para la toma de los caudales de diseño de la fuente y posterior consumo, son de gran importancia para el inicio del sistema de consumo de las poblaciones, según las consideraciones del Capítulo 1 – “Aspectos Generales” (MVCT Territorio 2017).
Sistema de Aducción y conducción	Los sistemas de aducción y conducción del proyecto estarán enmarcados dentro de la tipología básica de tuberías, calculadas teniendo en cuenta los caudales de diseño, para su verificación de transporte, dependiendo de la topografía, procurando verificar las líneas de gradiente hidráulico. Adicionalmente teniendo en cuenta la prestación continua del servicio, su característica de trabajo a presión en tuberías de RDE (Relación Diámetro Espesor) acordes al diseño según lo estipulado por (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2015)
Desarenador	Según las determinaciones de López Cualla “Un desarenador es un tanque cuya principal función es la de sedimentar ciertas partículas que se encuentran en un estado de suspensión por medio de la gravedad. Este es considerado un tratamiento primario que se hace al agua captada”. Por consiguiente, se seguirán las consideraciones del Capítulo 2 –Sección 2 – Sistema de abastecimiento y captación Art. 55. (MVCT Territorio 2017) (López Cualla 2003)
Sistema de Almacenamiento	Es uno de los aspectos primordial para cumplir con el suministro de agua, el cual se encarga de alimentar al sistema de distribución de la red de conducción, por consiguiente, se seguirán las consideraciones del Capítulo 2 –Sección 4 – estructuras complementarias de acueducto. (MVCT Territorio 2017) (López Cualla 2003)

Continuación de Tabla 1

<p>Red de distribución</p>	<p>Es un sistema de acueducto el cual está compuesto por con conjunto de tuberías la cual se encarga de realizar la distribución del agua potable. Por consiguiente, se seguirán las consideraciones del Capítulo 2 –Sección 3 – “Sistema de transporte y distribución” (MVCT Territorio 2017)(Felipe y Triviño 2017).</p> <p>Se deberá tener en cuenta la demanda de agua en los nudos y la presión mínima dadas por norma urbana, por lo cual se tiene que tener en cuenta su tipología en X, Y, Z de cada nudo y los accesorios de la misma, las características de las tuberías, características de líneas de gradiente desde las fuentes de abastecimiento y tanques proyectados para mejorar el modelo hidráulico. (Saldarriaga 2016)</p>
-----------------------------------	---

Fuente: Propia

Ilustración 2. Sistema básico de acueductos



Fuente: Sistema típico de acueducto – Elementos de diseño de acueducto – A. López Cualla

5.2.1. Calidad de agua y salud pública – miembros del cuerpo académico dinámica y conservación ambiental de la UMAN de agronomía y ciencias, UAT.

La importancia del agua para el progreso de las poblaciones ha sido siempre un recurso fundamental desde las primeras generaciones que datan desde hace tiempos atrás, donde lograban construir sistemas de acueductos cerca de nacimientos de aguas para su respectivo suministro. Por lo tanto, las sociedades que habitan al borde de las fuentes de agua hacen que la calidad del recurso sea afectada. Por consiguiente, entre más grande sea la población será mayor la prevalencia de las enfermedades de origen hídrico, debido a la minoría de las condiciones higiénicas, causando afectaciones en la salud humana debido a la calidad del agua. (Heyer et al. 2008).

La salud pública y la mala calidad del agua están relacionada con la transmisión de enfermedades como el cólera, diarrea, disentería, la hepatitis A, la fiebre tifoidea y la poliomielitis. Lo cual exponen a la población a riesgos prevenibles para su salud debido a los servicios de agua insuficientes o tratados de manera inapropiados. (Heyer et al. 2008).

Según la OMS – Organización Mundial de la Salud, el agua que viene de fuentes de abastecimientos renovadas y con mayor accesibilidad hacen que las personas minimicen el tiempo y los esfuerzos en la recolección del agua realmente. Dado que reduce la necesidad de que las personas realicen viajes extensos para recogerla, así mismo las buenas fuentes de suministro de agua hacen que se adquieran menos gastos sanitarios, dado que las personas tienen la posibilidad de contraer menos enfermedades con el fin de minimizar gastos que incurran en servicio médicos. (OMS-UNICEF 2019).

Según estudio realizado por la entidad mencionada anteriormente el agua contaminada puede transmitir enfermedades como lo son: la diarrea, el cólera, la disentería, la fiebre tifoidea entre otras. Por otra parte, se estima que el consumo del agua no apta para el ser humano provoca alrededor de más de 502 000 muertes por diarrea al año.(OMS-UNICEF 2019).

Se establece que más 844 millones de personas no poseen un de un servicio básico de abastecimiento de agua potable, posteriormente una gran cifra que incluye a 159 millones de personas que dependen de aguas superficiales. Se estima que en varios países del mundo hay poblaciones con al menos de 2000 millones de personas que se proveen de fuentes de aguas contaminadas por heces.(OMS-UNICEF 2019).

5.2.2. Mínimo vital del agua.

La implementación del mínimo vital establece el derecho al agua, el cual fue definido mediante resolución de la Asamblea General de las Naciones Unidas el 28 de julio de 2010, en donde se declaró el derecho al agua potable, con el fin de que el ser humano tenga el pleno disfrute de este recurso. (Construdata 2014)

Según la PNUD, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en un informe especial del agua como recurso vital para el ser humano. Informó que los gobiernos de los

países del mundo deben garantizar el derecho universal de acceder a 20 litros de agua potable diarios, físicamente accesible, asequible y de una calidad aceptable, para su uso personal y doméstico, dado que veinte litros son lo mínimo que necesita una persona para vivir.(Construdata 2014).

5.2.3. ODS – Agua Limpia y Saneamiento.

Dentro de los objetivos de desarrollo sostenible determinados por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo para 2030, se encuentra el objetivo N-°6 “*Agua limpia y saneamiento*”, el cual trata acerca de las condiciones globales de escasez y problemáticas de saneamiento a comunidades, las cuales se ven afectados anualmente por los fenómenos globales de cambio climático, por consiguiente se cuentan con cifras oficiales e entidades gubernamentales las cuales superan el 40% de la población mundial con frecuentes dificultades para encontrar fuentes de suministro aceptables para el consumo humano. (PNUD 2019).

Se establecen para 2030 que los gobiernos locales generen las políticas para facilitar el acceso a agua potable a las comunidades de las regiones de los países con problemáticas de escasez, realizando las infraestructuras necesarias para tal fin, fomentando buenas prácticas en el cuidado de las fuentes de abastecimiento, instalaciones sanitarias y correcta disposición de los residuos para evitar contaminación de los recursos hídricos aguas debajo de cada comunidad. (PNUD 2019).

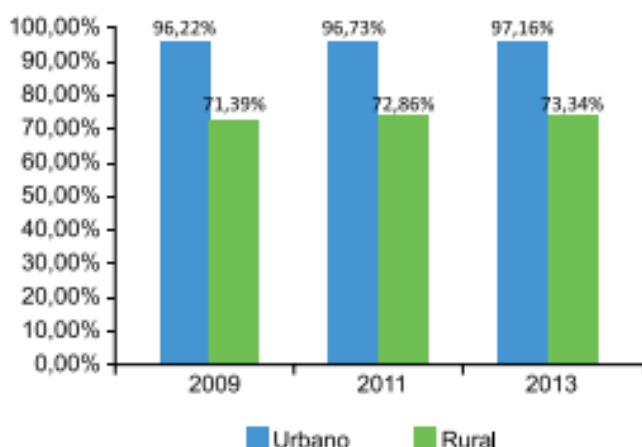
5.2.4. DNP – (Departamento Nacional de Planeación) – Evolución de las coberturas de los servicios de acueductos y alcantarillado (1985-2013).

El Departamento Nacional de Planeación, en dirección de las políticas de la Presidencia de la República de Colombia analizó las condiciones de prestación del servicio entre los años 1985 a 2013, para tener las consideraciones pertinentes para el futuro del desarrollo de sistemas de acueducto tanto urbanas y rurales, con el fin de obtener el 100% de cobertura prestacional a las comunidades a nivel nacional. (Departamento Nacional de Planeación. 2015).

No obstante, el gobierno nacional por medio del DNP ha logrado establecer que en Colombia la cobertura de prestación del servicio de acueducto hasta el año 2013 no supera un 74%, según lo observado en la

Gráfico 1 para el sector rural, lo cual es una problemática importante para el desarrollo de este tipo de comunidades, las cuales se proyectan a tener un desarrollo del 100% de sus sistemas prestacionales de acueducto a largo plazo y así generando las problemáticas de salud que esto conlleva. (Departamento Nacional de Planeación. 2015).

Gráfico 1. Representación de la cobertura 2009-2013 de los sistemas de acueducto en Colombia



Fuente: Departamento Nacional de Planeación

Si bien se han realizado labores de inversión para los sectores rurales los cuales se estiman que se encuentran por encima de los 60 millones de dólares, para acelerar el aumento de la infraestructura de los sistemas de acueducto en Colombia, pero es importante aclarar que las inversiones dependen de las políticas organizacionales de los gobiernos locales para la distribución de prioridades a nivel social. (Departamento Nacional de Planeación. 2015).

El rezago en las áreas rurales son un indicativo negativo que empobrece las condiciones económicas del sector rural de Colombia, por lo cual es importante impulsar el desarrollo de visiones de desarrollo académico para contribuir en el avance de los objetivos de suministro y abastecimiento del recurso hídrico. (Departamento Nacional de Planeación. 2015).

5.2.5. Gobernación de Cundinamarca – Programa institucional “Agua a la vereda”.

El programa Agua a la Vereda consiste en un apoyo financiero para los acueductos de Cundinamarca, para que cada acueducto rural se desempeñe como una empresa fortalecida administrativa, legal, financiera, técnica y comercialmente e involucrando las comunidades desde un trabajo social con las en aras de proteger las fuentes hídricas; *“contribuyendo de esta forma con la disminución de la brecha entre el área urbana y rural frente a la prestación del servicio de agua potable. El programa Agua a la Vereda consta de dos fortalecimientos, el fortalecimiento Técnico y el Institucional”*. (EPC 2019).

Por otro lado, con el fortalecimiento TÉCNICO se hará un trabajo de ingeniería, el cual consiste en reparar, hacer mantenimientos, realizar cambios de tuberías, instalar micro o macro medidores según sea el caso, entre otras actividades; todas estas labores se pueden realizar en el sistema que posea cada uno de los acueductos seleccionados, teniendo en

cuenta los principios de calidad, continuidad y cobertura. El involucrar a la comunidad de cada uno de los acueductos es vital, ya que ellos son los que ejecutarán este tipo de labores las cuales se harán con el apoyo del equipo técnico de FONDECUN y Empresas Públicas de Cundinamarca S.A ESP. (EPC 2019).

Programa institucional para el desarrollo de sistemas de abastecimiento de los acueductos rurales para la adecuación y mejoramiento de su infraestructura, con el fin de fortalecer de manera integral dichos sistemas. Alrededor de más de 325 acueducto rurales en el departamento de Cundinamarca se han visto beneficiados de este programa, el cual ha sido reconocido por la UNESCO y la presidencia de la república como un programa social que tiene alto impacto social en las comunidades rurales del territorio cundinamarqués. (Gobernación de Cundinamarca 2019). (EPC 2019).

Ilustración 3. Publicidad del programa "Agua la vereda"



Fuente: Gobernación de Cundinamarca

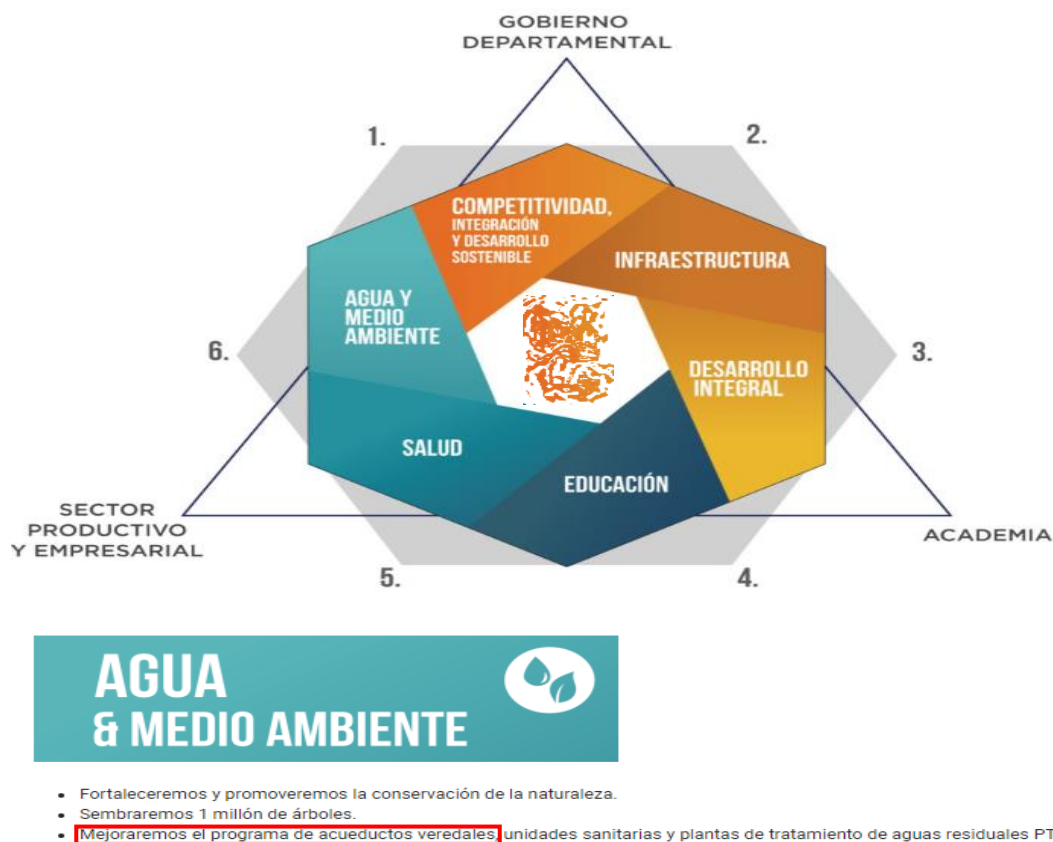
Las condiciones minimas de los acueductos participantes (EPC 2019):

- Registro único tributario (Rut) actualizado debe tener la actividad económica 3600.
- Cámara de comercio renovada (para las asociaciones de usuarios) Vigente menor a 90 días.
- Certificado de existencia y representación legal y resolución de reconocimiento del comité empresarial y/o de acueducto (para Juntas de Acción Comunal).

- Estatutos de la junta de acción comunal y/o asociación de usuarios (Completos).
- Presupuesto de 40 millones de pesos con base en las necesidades que tiene el acueducto (se debe tener en cuenta que este valor contiene el 10% de gastos administrativos). Este presupuesto puede ser elaborado por cualquier persona que conozca los precios actuales del mercado.
- Cedula de ciudadanía del representante legal (el representante legal no puede ser funcionario público).

Cabe mencionar que dicho programa pertenece al plan de gobierno departamental actual, pero es importante mencionar que en el plan de gobierno del gobernador electo para el periodo 2020 – 2023, también involucra el fortalecimiento de dichos sistemas rurales de acueducto, en su pilar del programa enfocado en agua y medio ambiente. (García 2019) Según como observamos en su diagrama de programa de gobierno o **Ilustración 4**.

Ilustración 4. Programa de gobierno, gobernador electo - periodo 2020 - 2023.



Fuente: <http://Nicolasgarcia.com>

5.3. MARCO LEGAL

Tabla 2. Marco Normativo Aplicable

Normatividad	Descripción
Constitución Política	
Constitución Política	<p>La Constitución describe la finalidad social del Estado y de los servicios públicos y otras normas referentes, sin aludir específicamente al tema de los servicios, contribuyendo a perfilar la base constitucional de este tema, con los artículos que se mencionan a continuación:</p> <p>Artículo 370 , el cual hace referencia a <i>“Corresponde al presidente de la República señalar, con sujeción a la ley, las políticas generales de administración y control de eficiencia de los servicios públicos domiciliarios y ejercer por medio de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, el control, la inspección y vigilancia de las entidades que los presten”</i> y con el Artículo 367 <i>“La ley fijará las competencias y responsabilidades relativas a la prestación de los servicios públicos domiciliarios, su cobertura, calidad y financiación, y el régimen tarifario que tendrá en cuenta además de los criterios de costos, los de solidaridad y redistribución de ingresos. Los servicios públicos domiciliarios se prestarán directamente por cada municipio cuando las características técnicas y económicas del servicio y las conveniencias generales lo permitan y aconsejen, y los departamentos cumplirán funciones de apoyo y coordinación. La ley determinará las entidades competentes para fijar las tarifas”</i>.</p>
Políticas	
CONPES 3810	<p>Política para el suministro de agua potable y saneamiento básico en la zona rural, la cual tiene como objetivo promover el acceso al agua potable y saneamiento básico en las zonas rurales de Colombia, a través de soluciones que sean acordes con las características de dichas áreas y que contribuyan al mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural.</p>
Leyes	
Ley 142 de 1994	<p><i>“Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones”</i>, establece la responsabilidad de la prestación eficiente de los servicios públicos, la cual se encuentra en cabeza de los municipios, así como el aseguramiento de la participación de los usuarios en la gestión y fiscalización de las entidades que prestan los servicios públicos y la definición e implementación de los esquemas de subsidios para las comunidades menos favorecidas.</p>

Continuación de Tabla 2

Ley 373 de 1997	<i>"Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua"</i> , dicha ley indica en el Artículo 1 que es de obligatorio cumplimiento el programa de ahorro y uso eficiente del agua, el cual comprende una serie de proyectos y acciones que deben adoptar las entidades encargadas de la prestación de servicios de acueducto, alcantarillado, riego, drenaje y demás usuarios del recurso hídrico, mientras que en el Artículo 2 se instaure el contenido y la periodicidad en la que este programa se debe estructurar.
Decretos	
Decreto 1575 de 2007	<i>"Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano"</i> , normatividad que tiene como fin monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por el consumo del agua.
Decreto 1898 de 2016	<i>"Por el cual se adiciona el Título 7, Capítulo 1, a la Parte 3, del Libro 2 del Decreto 1077 de 2015, que reglamenta parcialmente el artículo 18 de la Ley 1753 de 2015, en lo referente a esquemas diferenciales para la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo en zonas rurales"</i> , lo anterior se hace con el fin de promover esquemas diferenciales de atención, asistencia técnica y gestión social, así como mejorar la información disponible sobre la atención que recibe la población rural, monitoreando los avances en acceso efectivo a agua para consumo humano y doméstico y al saneamiento básico.
Decreto 1272 de 2017	<i>"Por el cual se adiciona el Capítulo 2, al Título 7, de la Parte 3, del Libro 2 del Decreto 1077 de 2015, que reglamenta parcialmente el artículo 18 de la Ley 1753 de 2015, en lo referente a esquemas diferenciales para la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo en zonas de difícil acceso, áreas de difícil gestión y áreas de prestación, en las cuales por condiciones particulares no puedan alcanzarse los estándares de eficiencia, cobertura y calidad ,establecidos en la ley."</i>
Resoluciones	
Resolución 151 de 2000	<i>"Regulación integral de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo"</i> , dicha resolución aplica a los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo; a las actividades complementarias de éstos y a las actividades que realizan los prestadores de los mismos en los términos de la Ley 142 de 1994, además en el Artículo 1.3.21.4 se establecen los ciclos de facturación de las zonas rurales.
Resolución 2115 de 2007	<i>"Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano"</i> , indica las características y los límites máximos permisibles del agua para consumo humano.

Continuación de Tabla 2

<p>Resolución 0330 de 2017</p>	<p><i>“Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009”, en el cual aplica el Título II, Capítulo 1 y 2, donde se indica los aspectos generales del proyecto y las consideraciones técnicas a tener en cuenta.</i></p>
<p>Resolución 0501 de 2017</p>	<p><i>“Por la cual se expiden los requisitos técnicos relacionados con composición química e información, que deben cumplir los tubos, ductos y accesorios de acueducto y alcantarillado, los de uso sanitario y los de aguas lluvias, que adquieran las personas prestadoras de los servicios de acueducto y alcantarillado, así como las instalaciones hidrosanitarias al interior de las viviendas y se derogan las Resoluciones 1166 de 2006 y 1127 de 2007”, esta resolución reglamenta los requisitos técnicos mínimos asociados con la composición química de los materiales y la estandarización de la información mínima sobre los requisitos técnicos que deben tener presente los prestadores de servicios públicos domiciliarios, constructores y urbanizadores, con el fin de garantizar la calidad del servicio, para los tubos de acueducto y sus accesorios.</i></p>

Fuente: Propia

6. ALCANCE Y LIMITACIONES

6.1. ALCANCE

El proyecto en desarrollo tiene como alcance presentar una propuesta hidráulica al problema de abastecimiento del sistema de acueducto de la inspección El Vino el cual va a ser el enfocado principalmente en el mejoramiento adecuado para la prestación del servicio de agua potable. De acuerdo a las necesidades básicas insatisfechas que presenta la comunidad.

La propuesta si se da su ejecución, beneficiaría a una comunidad de más de 1000 habitantes localizada en medio del K 31+00 de la vía nacional Bogotá – Villeta, perteneciente a la concesión Sabana de Occidente S.A., con relación a lo anterior, la inspección se encuentra ubicada geográficamente en las coordenadas elipsoidales, 4°54'11.74"N y 74°18'40.78"W y coordenadas Planas Gauss de Kruger 1033959,876 m.N y 974065,840 m.E, por lo cual es importante resaltar lo anterior, teniendo en cuenta que la propuesta beneficiaría a los residentes del casco urbano de dicha inspección.

Ilustración 5. Localización por imagen satelital, inspección de El Vino



Fuente: Google Earth

Se pretende con dicho documento establecer si el sistema existente del acueducto se puede aprovechar para fines de reducir costos en la operación y evitar construcción de obras nuevas que requieran una mayor inversión.

Por lo tanto, con la propuesta se pretende lograr una transferencia de conocimiento del sistema a la comunidad mejorando la eficiencia del servicio, de modo que la población no tendrá restricciones de consumo y logrará conocer las aplicaciones útiles de su acueducto para aplicar los mantenimientos del sistema, según la OMS “el agua potable, el

saneamiento eficaz y la higiene son fundamentales para la salud de cada niño y cada comunidad, y por lo tanto son esenciales para construir sociedades más fuertes, más saludables y más equitativa y a medida que mejoramos estos servicios hoy en día en las comunidades más desprotegidas y para los niños más desfavorecidos estamos ofreciéndoles una oportunidad más justa para que disfruten de un mañana mejor” (OMS 2017).

6.2. LIMITACIONES

Actualmente la red de distribución del sistema de acueducto del Vino presenta algunas inconsistencias en el control operacional, por desconocimiento del personal que actualmente realizan el mantenimiento al sistema. La ocurrencia de las problemáticas que presenta el acueducto veredal es dada a la antigüedad del mismo. Dado que tiene más de 30 años al servicio de la población, y en otros casos por la misma deficiencia en implementación de la propia comunidad.

- La actual red de distribución que va desde la bocatoma hasta al tanque de almacenamiento en su mayoría la tubería de conducción pasa por predios privados los cuales son impedimentos para realizar cualquier tipo de acondicionamiento o estructura que le sistema requiera.
- La situación económica de la población limita el acceso a la mejora de condiciones en la calidad del agua potable.
- Actualmente la fuente donde se realiza la captación del agua esta descuidada dado que agua arribas de la bocatoma el rio pasa por terrenos donde se realizan actividades de ganadería y agricultura, las cuales causan impactos negativos sobre el agua, como lo es la contaminación por heces fecales o por químicos a causa de control de plagas para la agricultura.

El proyecto solo se limitará al acondicionamiento del sistema de acueducto, omitiendo el diseño del sistema de alcantarillado o de aguas servidas, teniendo en cuenta que la idea principal del proyecto estará enfocado al mejoramiento en el transporte hasta las redes de distribución del centro poblado.

7. GESTIÓN SOCIAL

Con el fin de desarrollar una conexión con los habitantes del centro poblado de El Vino, se hace partícipe a la comunidad generando así una optimización en las mejoras de las percepciones a los involucrados en cuanto a las metas trazadas a lo largo del proyecto. Teniendo en cuenta la participación y acompañamiento de la comunidad se procedió mediante una transferencia de conocimiento mutuo comunidad – estudiantes, donde se buscó expresar las problemáticas de ámbito social que actualmente tiene el sistema de acueducto del centro poblado por lo tanto así tener más claro sus necesidades y recursos.

Mediante visita realizada al sitio el día 24/08/2019 se estableció las falencias en cuento a temas sociales que no les ha permitido a los habitantes tener un mejor sistema óptimo.

- El acueducto actualmente no tiene permiso de concesión de aguas superficiales y tampoco se encuentra en trámite.
- La no participación de las convocatorias al programa “**Agua La Vereda**” el cual es un programa que busca garantizar y fortalecer los acueductos de zonas rurales de los municipios de Cundinamarca, garantizando que tengan asegurado el servicio de suministro de agua potable. Adicional el mejoramiento o adecuación de estructuras o cambio de tuberías de aducción y conducción con sumas económicas que no superan los CUARENTA MILLONES DE PESOS M/CTE. \$ 40'000.000, 00.

Partiendo de esta información es primordial desarrollar la propuesta hidráulica y hacer entrega a la comunidad la información necesaria, para que los habitantes de El Vino logren participar en las convocatorias mencionadas anteriormente y así poder adquirir beneficios que no han podido aprovechar para su sistema de acueducto. Y en efecto así obtener un servicio integral con garantías en la prestación de un buen servicio a la comunidad.

Mediante la visita realizada en campo se logra hacer una participación colectiva donde se compartieron conocimientos e inquietudes de la comunidad acerca del sistema de acueducto, las cuales aclararon a medida que se iba realizando el recorrido por todo el sistema. Cabe resaltar que la comunidad hizo énfasis en aprovechar al máximo las estructuras existentes. Dado que se encuentran en buen estado, punto de vista que se comparte con la comunidad de modo que se aproveche al máximo los recursos existentes del sistema y en dado caso que se requiera construir o modificar la infraestructura no generar impacto socio económico a la población

A continuación, se presenta registro fotográfico de la visita realizada en campo en compañía del fontanero persona encargado del sistema del acueducto y el presidente de la junta de acción comunal.

En la **Tabla 3**, recorrido de la totalidad del sistema del acueducto en acompañamiento con la comunidad.

Tabla 3. Registros de visitas y acompañamiento de la comunidad.



Fuente: Propia

8. METODOLOGÍA

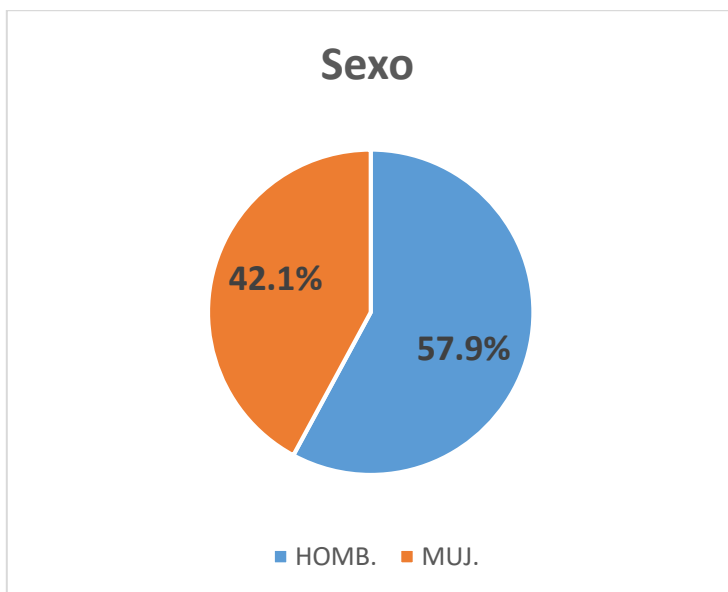
La metodología se encuentra orientada en la realización de fases ordenadas a un proceso de socialización y formalidad investigativa con el prestador del servicio, para ajustar el diseño a los requerimientos que la comunidad solicita y coadyuvando al bienestar de la población a servir.

8.1. FASE I – (RECONOCIMIENTO DE LA POBLACIÓN)

Se realizó el reconocimiento de la población mediante levantamiento de información básica para poder determinar las características y necesidades de la población donde se investigó las condiciones actuales del estado de salud y patologías derivadas del consumo de agua, tales como enfermedades gastrointestinales, así mismo, se indagó acerca de las condiciones de suministro hídrico durante el todo el año, con el fin de conocer las temporadas de estiaje del Río Sabaneta o Quebrada El Vino y posteriormente determinar los planes de mejora en el diseño. Adicional se le consultó a la comunidad si estaban de acuerdo que en la inspección del centro poblado se realizaran los estudios y diseños para el sistema del acueducto rural.

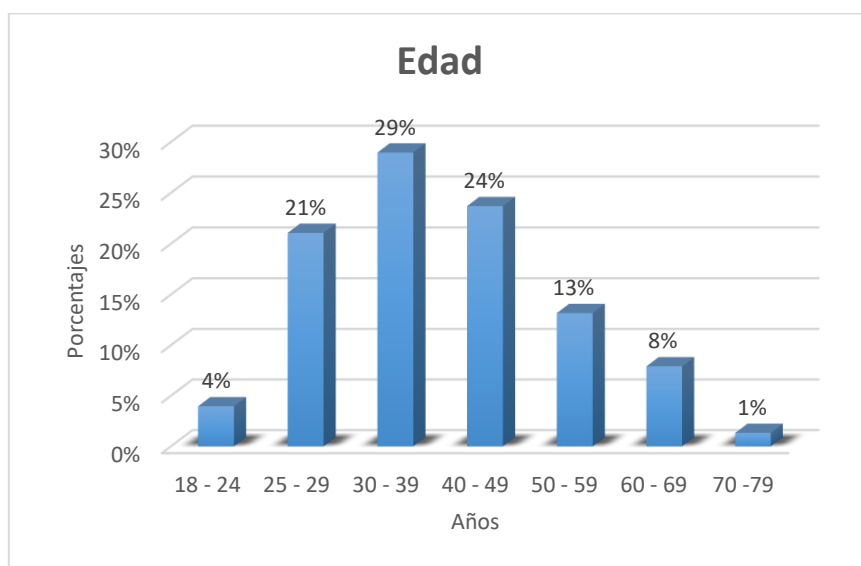
A continuación, se presentan los resultados de la evaluación mediante el levantamiento de la información realizada en la inspección del centro poblado El Vino del municipio de la Vega Cundinamarca, de acuerdo a la opinión de 76 personas consultadas con una participación del género masculino en un 57.9% y el femenino un 42.1% mayores de 18 años. Siendo esta muestra aproximadamente un 10% de la población total de la inspección.

Gráfico 2. Distribución hombres y mujeres de la inspección de El Vino



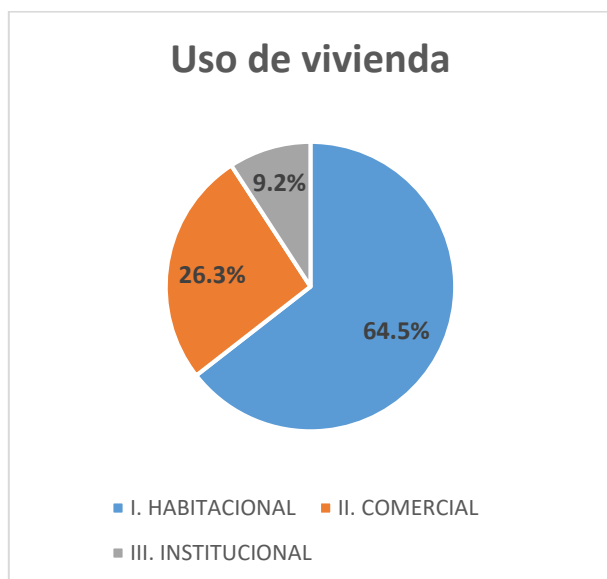
Fuente: Propia

Gráfico 3. Distribución de edades, inspección de El Vino



Fuente: Propia

Gráfico 4. Usos de vivienda, inspección de El Vino

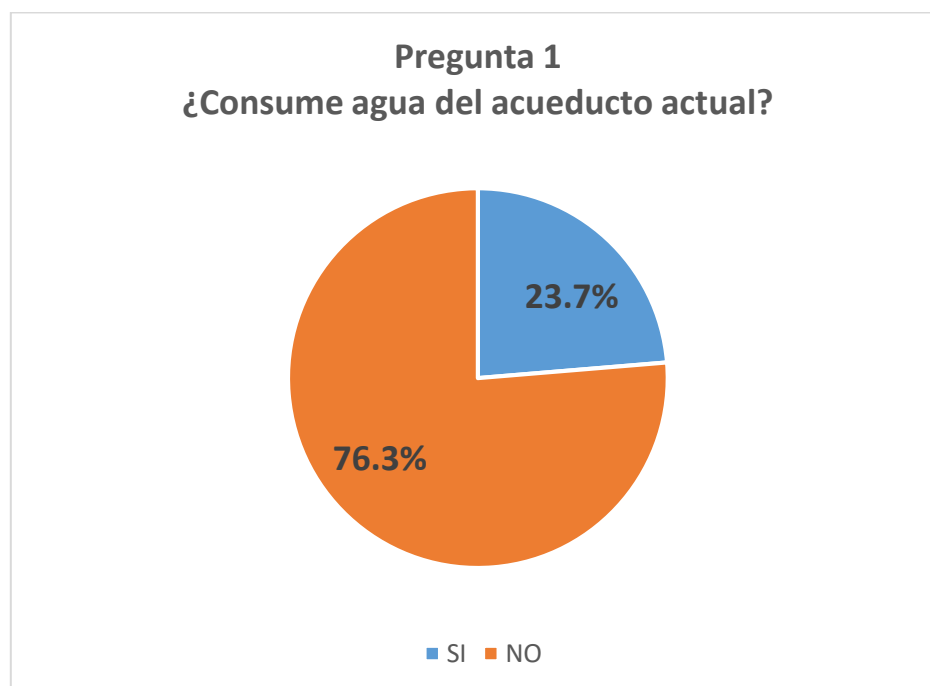


Fuente: Propia

Según estudio realizado con una muestra de 76 personas activas del casco urbano se puede evidenciar que el 64.5% viven en casas tipo habitacional donde su grupo familiar lo conforman aproximadamente entre 4 y 5 personas, el 26.3% lo conforman establecimientos

comerciales entre ellos están: panaderías, restaurantes, carnicerías, misceláneas, supermercados entre otra. Y solo el 9.2% es de tipo institucional (un colegio, una iglesia, una inspección de policía).

Gráfico 5. Resultado Levantamiento de información pregunta 1

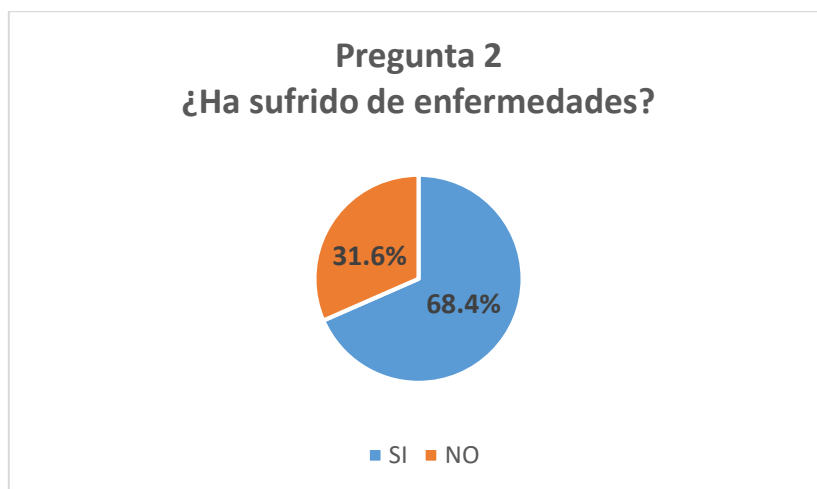


Fuente: Propia

Los habitantes de El vino solo el 76.3% de los usuarios del acueducto consumen agua del sistema, y el 23.3% no hace uso del recurso, debido a que prefieren comprar el agua en botellones para su consumo.

Asimismo, los dueños de los locales comerciales expresan que ellos por lo general no utilizan el agua que les suministra directamente el acueducto por lo que no es apta para el consumo humano. Por esa razón optan por dos alternativas, la primera conlleva a compra el agua en botellones la cual es llevada por camiones que van desde Bogotá. Y la segunda es adquirir el agua que les suministra una planta compacta de potabilización ubicada en la inspección.

Gráfico 6. Resultado Levantamiento de información pregunta 2

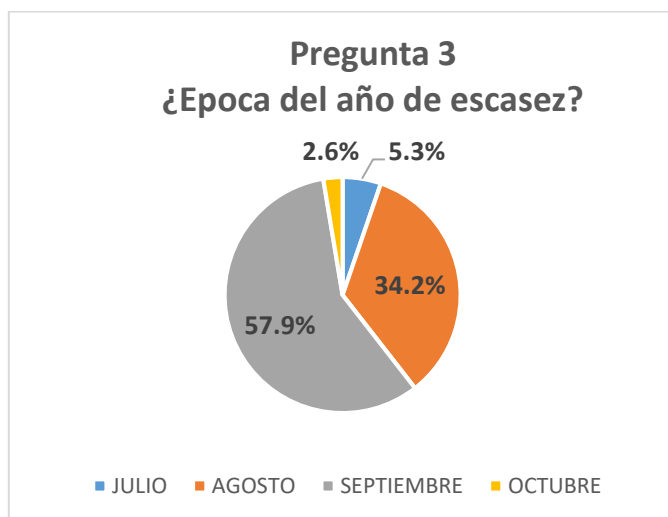


Fuente: Propia

Referente a las enfermedades gastrointestinales como (cólera, fiebre tifoidea, poliomielitis, meningitis, hepatitis, diarrea o vomito) que padecen los usuarios por el consumo del agua el 68.4% de las personas han sufrido alguna de estas enfermedades. El 31.6% informan que no han padecido de alguna enfermedad derivada del agua,

Los habitantes del centro poblado mencionan que los más afectados por el consumo del agua son los niños e indican que la enfermedad más común que padecen es vomito o diarrea.

Gráfico 7. Resultado Levantamiento de información pregunta 3



Fuente: Propia

No obstante, las épocas del año que más sufren de escases del recurso hídrico en la inspección del centro poblado, son los meses de agosto y septiembre con el 34.2% y el 57.9% con menor estiaje y por último los dos meses de julio y octubre con el 2.6% - 5.3%.

Gráfico 8. Resultado Levantamiento de información pregunta 4



Fuente: Propia

La inspección del centro poblado, está de acuerdo con un 93.4% que se les realice estudios y diseños para su sistema de acueducto rural. Solo el 6.6% de la muestra de 76 personas informan que no están de acuerdo.

El formato de divulgación tipo encuesta utilizado fue el siguiente:

Tabla 4. Modelo de formulario de preguntas.

1	2	3	4	5	6		
N°	DATOS PRELIMINARES						
	NOMBRE	APELLIDOS	EDAD [Años]	SEXO (Marque con una X la respuesta adecuada)	USO DE VIVIENDA (Marque con una X la respuesta adecuada)		
				M	F	I. HABITACIONAL	II. COMERCIAL
7	8	9			10	11	
¿CONSUME DEL AGUA QUE SUMINISTRA EL ACUEDUCTO ACTUALMENTE? (Marque con una X la respuesta adecuada)		¿HA SUFRIDO DE ENFERMEDADES GASTRO-INTESTINALES TALES COMO (Cólera, Fiebre Tifoidea, Shigella, Poliomieltitis, Meningitis, Hepatitis, Diarrea o Vómito), DURANTE EL TIEMPO DE RESIDENCIA EN CENTRO POBLADO? (Marque con una X la respuesta adecuada)		ENCUESTA SOCIAL		OBSERVACIONES	
1. ENERO 2. FEBRERO 3. MARZO 4. ABRIL 5. MAYO 6. JUNIO 7. JULIO 8. AGOSTO 9. SEPTIEMBRE 10. OCTUBRE 11. NOVIEMBRE 12. DICIEMBRE		¿EN QUE EPOCA DEL AÑO A SUFRIDO DE DESABASTECIMIENTO O FALTA DE AGUA YA SEA TOTAL O PERIODICA DURANTE EL AÑO?		¿SE ENCUENTRA DE ACUERDO CON LA REALIZACIÓN DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA SU SISTEMA DE ACUEDUCTO RURAL? (Marque con una X la respuesta adecuada)			
SI	NO	SI	NO	SI	NO		

Fuente: Propia

A continuación, se describe a detalle los ítems que conforma cada columna de la encuesta realizada:

Tabla 5. Contenido de Modelo de formulario de preguntas

COLUMNA	CONTENIDO
1	Número de la fila.
2	Espacio para el diligenciamiento del nombre(s) del encuestado.
3	Espacio para el diligenciamiento del apellido(s) del encuestado.
4	Edad del encuestado.
5	Sexo del encuestado.
6	Uso de vivienda del encuestado (I. Habitacional, II. Comercial, III. Institucional).
7	1ra. Pregunta acerca del consumo de agua.
8	2da. Pregunta acerca de las enfermedades derivadas del consumo de agua.
9	3ra. Pregunta acerca del desabastecimiento de agua en el año.
10	4ta. Pregunta acerca de del acuerdo de los estudios y diseños.
11	Espacio de observaciones.

Fuente: Propia

Fotografía 1. Levantamiento de información población de El Vino



Fuente: propia

Donde después con la respectiva información se logró adquirir una serie de resultados las los cuales se dan a conocer mediante gráficos en la reconocimiento de la población y por lo cual fue de gran ayuda para generar la transmisión de conocimiento tanto técnico como de interés social participativo y permitir que las comunidades más desfavorecidas entre en

un contacto académico que pueda lograr el fortalecimiento demográfico y económico a partir de aportes desde el sector académico universitario.

8.2. FASE II – (RECOPILACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LA LÍNEA BASE)

8.2.1. Revisión de topografía base.

Teniendo en cuenta la información base de levantamiento topográfico suministrada por la comunidad, se verifico el estado de esta, para determinar las áreas faltantes de planimetría y altimetría, encontrando la siguiente información:

- Se verificó el plano nombrado como PCV-CPV-ACU-DG-04 y PCV-CPV-ACU-DG-08, los cuales contienen topografía por medio de secciones transversales, las cuales se verificaron geometrías, sistema de referencia local que cumpla con el sistema nacional Magna Sirgas y distribución altimétrica con el origen nacional, se determinó que la información presenta una precisión adecuada en los elementos levantados de la zona aferente a la propuesta hidráulica, teniendo en cuenta que las cotas y curvas de nivel se encuentran referenciadas con datum de elevación nacional y se encuentra ajustada altimétricamente con nivel de precisión.
- Se encontró información del catastro de redes del sistema, el cual contiene la localización de los accesorios y elementos del sistema de acueducto, los cuales son de utilidad para la elaboración de los modelos hidráulicos en el software Epanet.

Cabe aclarar que dicha información ha sido levantada únicamente por la empresa MYR S.A.S, basado en el contrato de consultoría EPC-C-079-2010, financiado por el PDA (Plan Departamental de Aguas) del municipio de La Vega – Cundinamarca, e históricamente en la inspección y en el municipio de La Vega no reposa información digital ni física de una catastro de redes pre-existente, con el fin de comparar la información levantada y plasmada en los planos PCV-CPV-ACU-DG-04 y PCV-CPV-ACU-DG-08, por lo cual se procedió a verificar las metodologías e informe de topografía, el cual cumple con los requerimientos mínimos de precisión, lo cual da certeza basado en el traslapo de los elementos levantados y Fotografías Orto corregidas del IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi), lo que presenta una adecuada captura geométrica de los elementos físicos de las construcciones, obras y redes del sistema de acueducto, generando así la única base que se tiene de catastro de redes del sector.

8.2.2. Revisión de Hidrología de la fuente.

Teniendo en cuenta la información base del estudio hidrológico suministrada por la comunidad, se verificó el contenido e información para determinar las condiciones iniciales de la fuente de abastecimiento del Río Sabaneta o quebrada El Vino del sector. encontrando la siguiente información:

Verificando la información base el cual resulta en un informe entregado por la comunidad donde se realiza un estudio hidrológico con la finalidad de evidenciar la capacidad hidrológica de las fuentes cercanas de la inspección de dichas fuentes, fueron evaluadas y verificadas en dicho informe, lo cual mediante los datos pluviométricos e información de la climatología del sector, Curvas IDF, estimación de flujos base, cálculo de hidrogramas de escorrentía directa, además de análisis con software especializado, tales como (HEC-RAS y Arc-Hydro de ArcMap) para verificación de las geometrías de las cuencas, de lo anterior, se puede concluir que la información se encuentra completa y se no se hace necesario complementar la base hidrológica, ver. **ANEXO E. Hidrología base de la consultoría Consorcio Aguas de Cundinamarca**, y aprovechando este insumo por el cual el municipio de La Vega contrató hace 4 años por medio del contrato **ED-C264-VEG-CP.VIN-IT-07.V1**.

Los fenómenos de precipitación pluvial que ocurren en la localidad se asocian con la estación pluviométrica 2306516 EL ACOMODO ubicada en jurisdicción del Municipio de La Vega y operada por la CAR de Cundinamarca. En las ilustraciones se observan la localización de las estaciones pluviométricas cercanas.

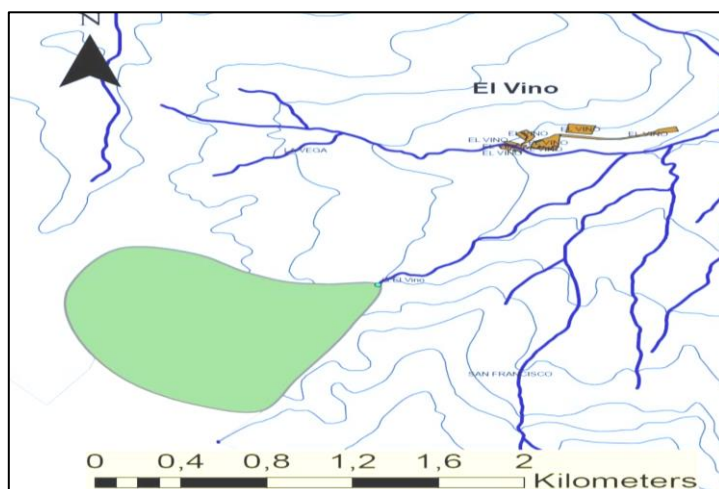
En dicho informe hidrológico entregado se encargó de delimitar los arroyos y cuencas hidrográficas, y obtener algunas propiedades básicas de la cuenca como la superficie, pendiente y longitud de flujo. Tradicionalmente esto se realizaba de forma manual utilizando mapas cartográficos. Con la disponibilidad de modelos de elevación digital (DEM) y SIG, las propiedades de las cuencas hidrográficas se pueden extraer mediante procedimientos automatizados. Para la delimitación de las cuencas y determinación de las variables hidrológicas de éstas, como son el área, largo, pendiente, tiempo de concentración y otras variables, necesarias para conocer los caudales máximos alcanzados en determinados puntos del río como las bocatomas, empleamos las herramientas que nos ofrece el ArcGIS. La delimitación de cuencas hidrográficas en ArcGIS se logra a través de una aplicación que está disponible como una descarga gratuita en el sitio de ESRI, el ArcHydro. Esta es una herramienta que analiza un modelo de elevación digital y permite estimar todas estas variables, en conjunto de procedimientos basados en libros académicos como se hace mención en el documento anexo, es importante aclarar que los elementos aquí descritos relacionan las consideraciones mínimas observadas en el insumo entregado por la comunidad y se exhiben los parámetros que se tuvieron en cuenta para determinar las curvas de Intensidad Duración Frecuencia (IDF), resumiendo la información en la **Ilustración 8**, en la que se denotan los caudales medios de 3 fuentes del sector, entre ellas el Río Sabaneta o Quebrada El Vino.

Ilustración 6. Localización estación hidrometeorológica "El Acomodo"



Fuente: Consorcio de estudio Hidrológico – Aguas de Cundinamarca

Ilustración 7. Representación de la Hoya hidrológica, río Sabaneta



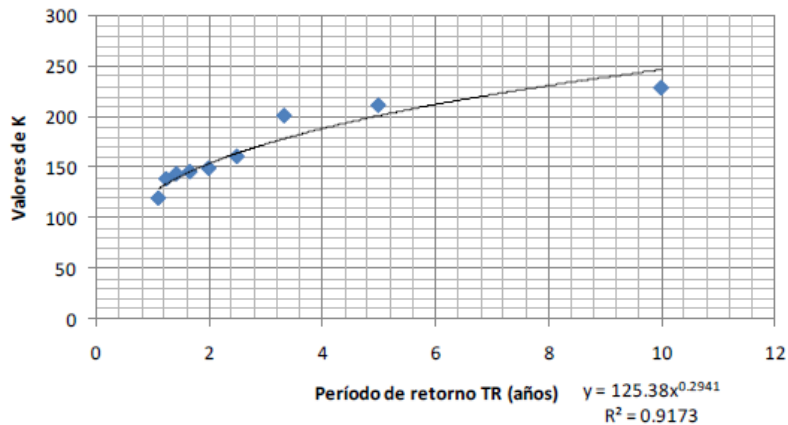
Fuente: Consorcio de estudio Hidrológico – Aguas de Cundinamarca

En la ilustración anterior se observa la cuenca tenida en cuenta para el análisis realizado en el estudio hidrológico de base para el sector El Vino, la cuenca tenida en cuenta se denomina cuenca Río Sabaneta sector El Vino.

Las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia de la localidad fueron según el procedimiento descrito por Silva¹, dicha información reposa en el informe anteriormente descrito.

¹ SILVA MEDINA Gustavo A. Hidrología básica, pág 171. 1 ed. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería. 1998.

Gráfico 9. curva de factor K



Fuente: Consorcio Aguas de Cundinamarca

Las curvas IDF tienen la siguiente forma:

$$I = \frac{aT_r^c}{(d+b)^n} = \frac{K}{(d+b)^n}$$

En donde:

I = Intensidad de la lluvia (mm/h)

a, c = Coeficientes a calcular

T_r = Período de retorno de la lluvia (años)

d = Duración de la lluvia (minutos)

b, n = Coeficientes de la zona. $b \cong 10$ minutos, $n \cong 0.5$. El valor numérico de n es del orden de 0.5 y en general está comprendido entre 0.5 y 0.6. En el presente estudio se adoptó el valor de $n = 0.5$. La magnitud de b , por su parte, está comprendida entre 5 y 20 minutos. En el presente estudio se adoptó un valor razonable de $b = 10$ minutos.

Silva recomienda también la adopción de un factor de reducción C_p (relación entre la precipitación que cae en una hora y aquella que cae en 24 horas), que depende del patrón típico de lluvias de la región y cuya magnitud está entre 0.1 y 0.5, con los valores más altos para zonas en donde se presentan aguaceros intensos de corta duración. En el estudio entregado por la comunidad del sector se adoptó un valor de 0.3.

Para la serie de datos de precipitación máxima en 24 horas de la estación de medición, se calcula la probabilidad de excedencia según Weibull, para determinar de esta manera el valor de K de la ecuación. El procedimiento y resultados parciales se muestran en, en donde además se aprecia la relación de K con el período de retorno T_r . Lo anteriormente descrito hace relación al procedimiento de cálculo realizado por la consultoría anteriormente mencionada, dicha consultoría elaboró los estudios concernientes a las capacidades de las

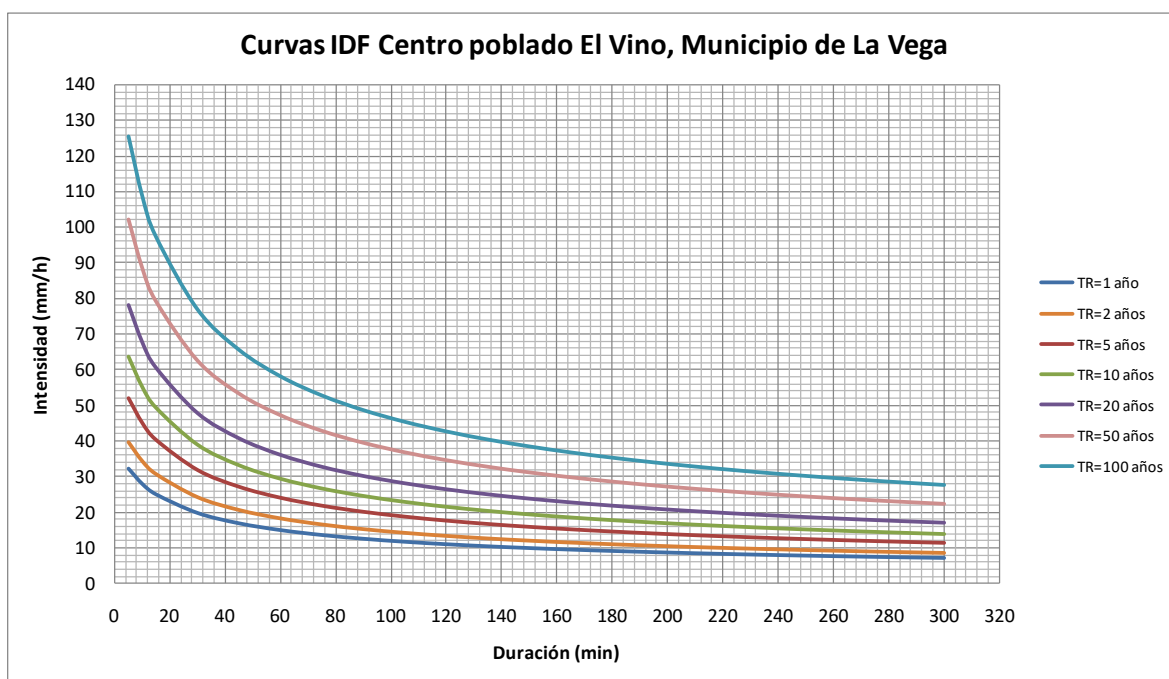
fuentes, por consiguiente, el informe hidrológico sirvió como base para verificar las condiciones de la fuente y su respectiva captación.

Tabla 6. Tabla de determinación de intensidades de lluvia para la construcción de las curvas IDF

Duración min	Intensidades de aguacero (mm)						
	TR=1 año	TR=2 años	TR=5 años	TR=10 años	TR=20 años	TR=50 años	TR=100 años
	1	2	5	10	20	50	100
5	32.37	39.69	51.97	63.72	78.13	102.29	125.42
10	28.04	34.38	45.01	55.18	67.66	88.59	108.62
15	25.08	30.75	40.26	49.36	60.52	79.24	97.15
30	19.82	24.31	31.82	39.02	47.84	62.64	76.81
45	16.91	20.73	27.14	33.28	40.80	53.42	65.50
60	14.99	18.37	24.06	29.50	36.17	47.35	58.06
75	13.60	16.67	21.83	26.77	32.82	42.97	52.69
90	12.54	15.37	20.13	24.68	30.26	39.62	48.58
105	11.69	14.34	18.77	23.01	28.22	36.94	45.30
120	11.00	13.48	17.65	21.64	26.54	34.75	42.60
135	10.41	12.77	16.72	20.49	25.13	32.90	40.34
150	9.91	12.15	15.91	19.51	23.92	31.32	38.40
165	9.48	11.62	15.22	18.66	22.87	29.95	36.72
180	9.10	11.15	14.60	17.90	21.95	28.74	35.24
195	8.76	10.74	14.06	17.24	21.13	27.67	33.93
210	8.45	10.36	13.57	16.64	20.40	26.71	32.75
225	8.18	10.03	13.13	16.10	19.74	25.84	31.69
240	7.93	9.72	12.73	15.61	19.14	25.06	30.72
255	7.70	9.44	12.36	15.16	18.59	24.34	29.84
270	7.49	9.19	12.03	14.75	18.08	23.68	29.03
285	7.30	8.95	11.72	14.37	17.62	23.07	28.28
300	7.12	8.73	11.43	14.02	17.19	22.50	27.59

Fuente: Consorcio Aguas de Cundinamarca -2012

Gráfico 10. Curva IDF de la inspección de El Vino.

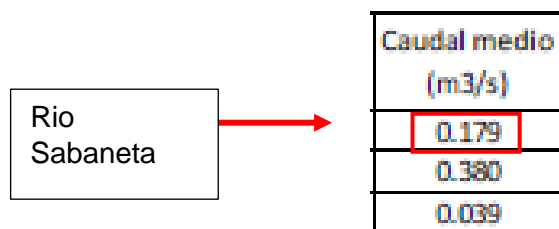


Fuente: Consorcio Aguas de Cundinamarca

El estudio hidrológico entregado arroja la información de los caudales mínimos, medios y máximos de 3 fuentes cercanas a la inspección El Vino, las cuales se describen a continuación:

Ilustración 8. Informe hidrológico base de los caudales mínimo, medio y máximo, río Sabaneta

Municipio	Centro Poblado	Nombre Bocatoma	Caudal mínimo (m3/s)	Caudal medio (m3/s)	Caudal máximo (m3/s) Tr = 50 años	Caudal máximo (m3/s) Tr = 100 años	Caudal ecológico (m3/s)
La Vega	El Vino	Q. El Vino	0.09488	0.179	0.357	0.446	0.045
La Vega	El Vino	Q. La Cueva	0.09488	0.380	1.220	1.690	0.095
La Vega	El Vino	N. El Choro	0.00029	0.039	0.139	0.194	0.010



Fuente: Consorcio de estudio Hidrológico – Aguas de Cundinamarca-2012

8.3. FASE III – (PROCESO DE DIAGNOSTICO Y DISEÑO DE PROPUESTA HIDRÁULICA)

8.3.1. Análisis de población.

Se procedió a realizar el análisis de población para el diseño del sistema de acueducto teniendo en cuenta las características sociales, culturales y económicas de sus habitantes para un periodo u horizonte de diseño mínimo de 25 años según lo dispuesto en la Resolución 0330 de 2017, utilizando los diferentes métodos de proyección estadística conocidos tales como (método lineal, geométrico y logarítmico). Según las siguientes tablas:

Tabla 7. Métodos de proyección de población

MÉTODOS DE PROYECCIÓN DE POBLACIÓN					
VARIABLE	AÑOS	POBLACIÓN MÉTODO LINEAL	POBLACIÓN MÉTODO GEOMÉTRICO	POBLACIÓN MÉTODO LOGARÍTMICO	VARIABLE
Tci	2011	1120	1120	1120	Pci
Tuc	2015	1156	1156	1156	Puc
T(Estudio)	2019	1192	1193	1193	P(Estudio)
25 Años	2024	1237	1241	1241	25 Años
	2029	1282	1291	1291	
	2034	1327	1343	1343	
	2039	1372	1398	1398	
	2044	1417	1454	1454	

Fuente: Propia

Teniendo en cuenta:

Tci: Tiempo del censo inicial

Tuc: Tiempo del último censo

T(Estudio): Tiempo del estudio

Pci: Población del censo inicial

Puc: Población del último censo

P(Estudio): Población del estudio

A continuación, se presentan las tablas de resumen de las proyecciones de población tenidas en cuenta por rangos de quinquenios durante los 25 años del periodo de diseño establecido, partiendo desde el año de estudio 2019 y culminando el horizonte de diseño en 2044, adicionalmente se describieron los métodos utilizados para dicho análisis obteniendo una población final de 1442 habitantes.

Tabla 8. Promedio de población por métodos

PROMEDIO DE POBLACIÓN POR MÉTODOS		
(QUINQUENIOS)	AÑOS	POBLACIÓN [Hab.]
0	2019	1193
1	2024	1240
2	2029	1288
3	2034	1338
4	2039	1389
5	2044	1442

Fuente: Propia

De la tabla anterior se puede inferir que basándonos en los métodos de proyección de población utilizados para el análisis los cuales hacen referencia al (Método Lineal, Geométrico y Logarítmico), se precedió a generar el promedio de dichas metodologías, con el fin de establecer la población futura en el horizonte de diseño de 25 años según lo establecido en la Res. 0330 de junio de 2017 en su **ARTICULO 40. PERIODO DE DISEÑO**, no obstante, es importante aclarar que el promedio de dichas metodologías se toma como base referencia según como se denota en los procedimientos de cálculo, usando como base de información oficial dos (2) certificaciones de la asociación de acueducto ACUELVINO, teniendo en cuenta que no se tiene información precisa de la población de dicha inspección, por consiguiente, se utilizó dicha información disponible lo cual arrojó que la comunidad por su tamaño poblacional, presenta una dinámica lineal, por lo cual el adoptar un promedio de las 3 metodologías resulta aceptable teniendo en cuenta que la varianza de los datos con respecto a la media lineal se ajusta a los datos.

Gráfico 11. Tendencia de los datos de población 2011 & 2015



Fuente: Propia

Por lo cual se encuentra acertado realizar el promedio de dichas metodologías por lo anteriormente sustentado para posteriormente efectuar los cálculos pertinentes de los caudales de diseño.

8.3.2. Análisis de consumo de agua y caudales de dotación.

Se determinó el consumo o dotación neta y total de la población con el fin de hallar los caudales medio diario (Qmd), máximo diario (QMD) y horario del diseño (QMH), con los cuales se partirá para el dimensionamiento de las estructuras y cálculo de las redes optimas del sistema.

Las dotaciones estimadas en los tipos de usos de las unidades de vivienda en la inspección, se encuentra enmarcado en los siguientes usos (Institucionales, Industriales y comerciales), ajustadas y determinadas bajo las consideraciones de la norma NTC 1500, debidamente ajustadas con las condiciones de una inspección territorial.

Tabla 9. Análisis consumo de agua y caudales de dotación

TIPO DE USO	UNIDADES	USOS	CONDICIÓN		l/día	l/día *Condición	l/h*día
INSTITUCIONAL	1	Centro de Salud	2	Camas	400	800	0,671
INSTITUCIONAL	1	Escuela	400	Estudiantes	80	32000	26,828
INDUSTRIAL	1	Planta de Sacrificio de Reses	3	Reses	500	1500	1,258
COMERCIAL	17	Puestos Comerciales	25	m2	2000	34000	28,505

Fuente: Propia

Teniendo en cuenta los consumos típicos de los sectores institucionales, industriales y comerciales se determinó el consumo per cápita o dotación de consumo neto de 177,26 [L/Hab.día]. según lo observado en la **Tabla 10**.

Tabla 10. Consumo per-cápita

CONSUMO PER-CÁPITA				
CONSUMO DOMESTICO	CONSUMO INSTITUCIONAL	CONSUMO INDUSTRIAL	CONSUMO COMERCIAL	CONSUMO NETO [l/Hab*día]
120	27,499	1,258	28,505	177,26

Fuente: Propia

Posteriormente, se realizó la proyección de consumo durante los 25 años del periodo de diseño, en el cual se estableció la hipótesis de pérdidas por fugas de 30% en el tiempo inicial de la propuesta de diseño, disminuyendo en el tiempo teniendo en cuenta que la asociación mejore la calidad en la prestación del servicio.

Tabla 11. Análisis de pérdidas y consumos netos

AÑO	POBLAC.	INC. POBLACIÓN	INC. CONSUMO	C. NETO	PERDIDAS POR FUGAS
2019	1193	3,95%	0,39%	177,26	30%
2024	1240	3,90%	0,39%	177,95	29%
2029	1288	3,86%	0,39%	178,64	20%
2034	1338	3,82%	0,38%	179,32	18%
2039	1389	3,79%	0,38%	180,00	12%
2044	1442			180,00	10%

Fuente: Propia

Se determinó los caudales de diseño para la elaboración de las estructuras tales como bocatoma, desarenador y tanque con el QMD y para el caso de las redes de distribución con el QMH. En la **Tabla 11** se presentan los valores de incremento poblacional durante cada quinquenio o 5 años, representando los incrementos de consumo neto de la misma, estableciendo un porcentaje de pérdidas por fugas inicial del 30% ya que la asociación de acueducto no cuenta con equipos de detección de fugas, ni mano de obra especializada para el mantenimiento de las estructuras, por lo cual se proyecta que en 25 años la asociación logre obtener los equipos y recurso humano necesario para operar de manera efectiva y así reducir sus pérdidas por conexiones fraudulentas y fallas por desconexión o rupturas en la red en a un 10%.

En la **Tabla 12** se exhiben los valores de cálculo de caudales requeridos para cada sección de tiempo de 5 años, estimando los factores de seguridad K para la excedencia requerida en la obtención de la información del QMD de 4,32 l/s y QMH de 6,47 l/s, con los cuales se diseñaron las estructuras y redes del sistema de acueducto.

Tabla 12. Proyección de Caudales de diseño - Estructuras existentes

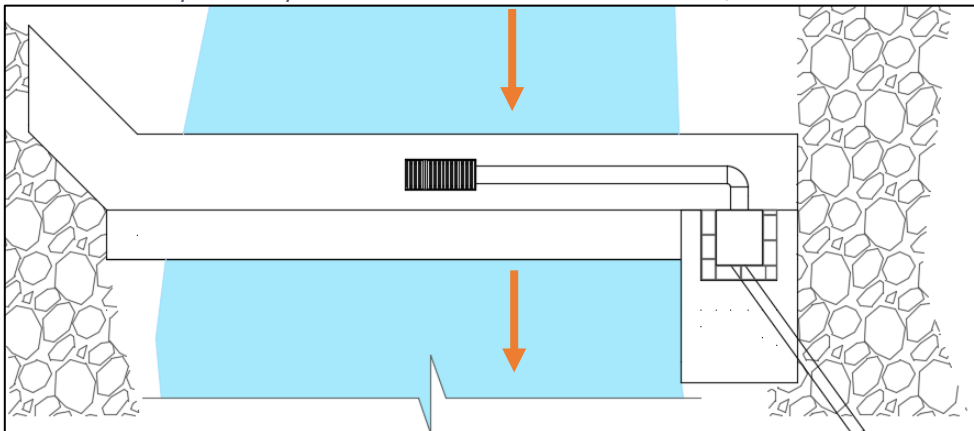
AÑO	CONSUMO TOTAL	Q md [l/s]	K1	QMD [l/s]	K2	QMH [l/s]	Max QMD [l/s]	Max QMH [l/s]
2019	253,23	3,50	1,2	4,20	1,5	6,29	4,32	6,47
2024	250,64	3,60	1,2	4,32	1,5	6,47		
2029	223,30	3,33	1,2	4,00	1,5	5,99		
2034	218,69	3,39	1,2	4,06	1,5	6,10		
2039	204,55	3,29	1,2	3,95	1,5	5,92		
2044	200,00	3,34	1,2	4,00	1,5	6,01		

Fuente: Propia

8.3.3. Diagnóstico y diseño de obra de captación.

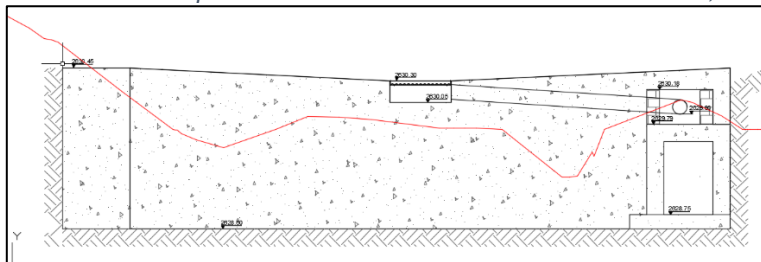
Dentro de los análisis diagnósticos de la obra de captación existente en la fuente superficial denominada Rio Sabaneta, en la cual se determinó que la obra allí contenida hace relación a una bocatoma de fondo, la cual comprende de los siguientes componentes estructurales e hidráulicos, según lo descrito a continuación.

Ilustración 9. Esquema en planta de la bocatoma de fondo existente, rio Sabaneta



Fuente: Consorcio de estudio Pre-diagnostico- MYR S.A.S



Ilustración 10. Esquema frontal de la bocatoma de fondo existente, rio Sabaneta



Fuente: Consorcio de estudio Pre-diagnostico – MYR S.A.S

Tabla 13. Diagnostico bocatoma de fondo existente

BOCATOMA DE FONDO			
COMPONENTE	ESTADO	IMAGEN	PROPUESTA
Entrada a la Bocatoma	La bocatoma del Río Sabaneta no posee muros de contención, ni muros de encauzamiento, ni perfiles de disipación de energía.		Se propone pre dimensionar muros de contención, mínimos para generar un encauzamiento más óptimo de la fuente superficial.
Tomadique	Cuenta con un Tomadique de 1.70 metros de altura con un ancho de cobertura transversal de 5 metros y una pared de 0.7 metros, que garantiza su sostenimiento estructural.		Se propone el remplazo del 40% del Tomadique para efectos del funcionamiento óptimo de la captación y mejoramiento estructural de la obra.
Rejilla	Cuenta con una rejilla conformada por ángulos de 1"X1" en acero, separadas cada 0.01 m entre cada Angulo, con dimensiones generales de 0.30m X, la cual por falta de mantenimiento presenta un deterioro por corrosión del material y presenta taponamientos por material orgánico, tales como hojas y ramas de las especies arbóreas endémicas del sector.	 	Se propone el remplazo del 100% de la rejilla para efectos de calidad de la captación y calidad de agua.

Camara de Recolección	La cámara de recolección no tiene un tamaño apropiado para el mantenimiento de la descarga.		Se propone optimizar la cámara de recolección en un 30% aproximadamente, verificando principalmente las capacidades de mantenimiento y rebose.
Camara de excesos	No cuenta con cámara de excesos lo cual permita el retorno adecuado del afluente sobrante al cauce principal.		Se propone proyectar un módulo de cámara de excesos en un 100% nuevo, con el cual se pretenda dar un manejo más adecuado al sistema.

Fuente: Propia

Por consiguiente, se procede al desarrollo de la propuesta de diseño para el ítem de bocatoma de fondo.

8.3.3.1. Entrada a la bocatoma.

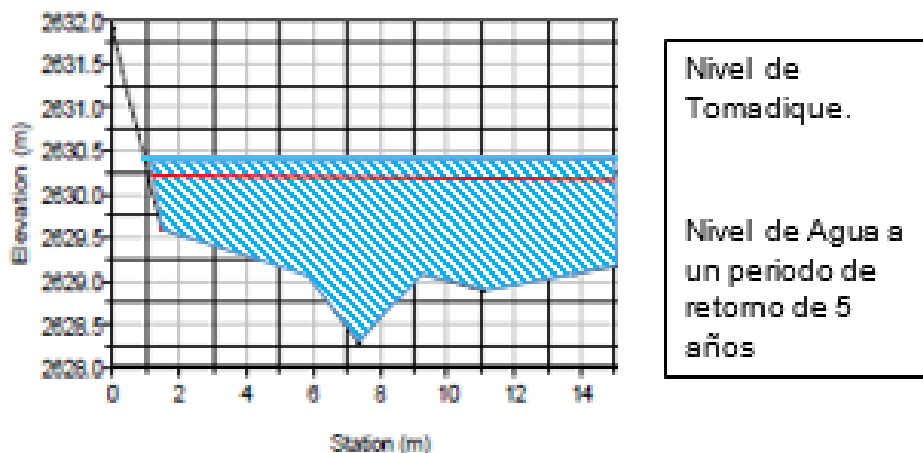
Los perfiles de encauzamiento o muros laterales se proyectarán en sentido paralelo al cauce y perpendicularmente al Tomadique para mejorar la estabilidad estructural de la bocatoma y permitir un perfilamiento del cauce más óptimo del actual.

8.3.3.2. Tomadique.

Evaluando la sección transversal del terreno y verificacndo la hidrología base entregada, se encontro la siguiente condición de diseño a tener en cuenta:

La altura del tomadique el cual genera un represamiento del cauce actual, se encuentra condiciones de operación acordes para el optimo funcionamiento del sistema, por lo cual no se ve necesario aumentar su cota maximo de muro teniendo en cuenta el periodo de retorno de 5 años, determinado en la hidrología de base entregada por la comunidad.

Gráfico 12. Sección transversal modelación HEC-RAS - Hidrología de base



Fuente: Consorcio de estudio Hidrológico – Aguas de Cundinamarca

8.3.3.3. Rejilla y tubería de aducción de bocatoma.

Para el calculo y verificación de la rejilla se optará por la metodologia que a continuación se describe, con sus repectivos parametros de chequeo:

Tabla 14. Verificación hidráulica y diseño, rejilla y aducción existente

VERIFICACIÓN HIDRÁULICA Y CALCULO DE REJILLA Y ADUCCIÓN				
CHEQUEO	FORMULA	RESULTADO	UNIDAD	OBSERVACIÓN
1	$Q_{Captado} = C_d \cdot A_n \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$	14.3	[l/s]	La rejilla actual se encuentra sobre captando el caudal de diseño, por lo cual la distribución espacial de la misma es adecuada para la captación del QMD.
2	$Q_{Excesos} = Q_{Captado} - Q_{Diseño}$	9.9	[l/s]	El caudal captado supera 3.3 veces el de diseño, por lo cual se verificará los diseños del sistema de excesos con dicho caudal encontrado.

Continuación Tabla 14

3	$D = 1,548 \cdot \left(\frac{n \cdot Q_{exc.}}{S^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$	0.078	[m]	La condición del caudal de exceso genera una verificación del sistema, lo cual arroja un Ø de diseño de 0.078m o 3.1", por lo cual se la tubería existente cumple con el diámetro mínimo según Res. 0330 de 2017 de Ø= 4" o 0.102m.
4	$Q_o = 0.312 \cdot \frac{D^{8/3} S^{1/2}}{n}$	20.423	[l/s]	Se establece las condiciones de flujo a tubo lleno para encontrar la relación hidráulica de caudales.
5	V_o	2.5	[m/s]	La velocidad de flujo a tubo lleno existente cumple con la norma superando la mínima establecida para aducciones de 0.5 m/s, según Res. 0330 de 2017.
6	Q/Q_o	0.21	Adimen.	Se establece las condiciones de trabajo de las relaciones hidráulicas actuales obteniendo $V/V_o=0.664$, $d/D=0.353$, $R/R_o=0.78$ y un $H/D=0.328$, lo cual servirá para verifícas las condiciones hidráulicas actuales de la cámara de aducción.
7	V_r	1.7	[m/s]	La velocidad de diseño existente cumple con la norma superando la mínima establecida para aducciones de 0.5 m/s, según Res. 0330 de 2017.
8	$\tau = \gamma \cdot R \cdot S$	53.4	[N/m²]	Cumple satisfactoriamente el arrastre de solidos de arenas y material orgánico presente en la fuente superficial menores de D10 (mm).

Fuente: Propia

8.3.3.4. Cámara de recolección y excesos.

Para la camara de recolección y excesos se procedio a verificar las condiciones actuales del sistema, las cuales no cumplen con las verificaciones hidraulicas minimas y de operación y mantenimiento, por lo cual se procede a recalcular una nueva camara para el sistema actual.

Tabla 15. Verificación y diseño cámara de recolección y exceso, existente

VERIFICACIÓN CÁMARA DE RECOLECCIÓN Y EXCESOS				
CHEQUEO	FORMULA	RESULTADO	UNIDAD	OBSERVACIÓN
9	$X_s = 0,36 \cdot V_s^{\frac{2}{3}} \cdot +0,6 \cdot h_s^{\frac{4}{7}}$	0.6	[m]	Se calcula una salida de chorro de 0.6m de la primera tubería de recolección,
10	$B_{camara} = X_s + 0.30$	0.9	[m]	Se adoptará un valor de longitud de la cámara de 1.2m x 1.5m , teniendo en cuenta la facilidad de mantenimiento de la cámara, ante taponamientos y demás reparaciones pertinentes.
11	$H_{exc.} = \left(\frac{Q}{1.84 \cdot B_{camara}} \right)^{\frac{2}{3}}$	0.03	[m]	se calcula la carga hidráulica derivada del caudal de excesos.
12	$V_{exc} = \frac{Q_{exc.}}{H_{exc} \cdot B_{camara}}$	0.30	[m/s]	Se determina la velocidad derivada del caudal de exceso.
13	$X_s[Camara de Exc.] = 0,36 \cdot V_s^{\frac{2}{3}} \cdot +0,6 \cdot h_s^{\frac{4}{7}}$	0.24	[m]	Se determina la longitud de alcance del chorro de la cámara de exceso para determinar su longitud sin tener en cuenta el borde libre.

Continuación Tabla 15

14	$B_{camara\ de\ Exc.} = X_s + 0.30$	0.54	[m]	Se adopta un valor definitivo de la longitud de la cámara de excesos de 0.6m , para efectos constructivos.
15	Borde libre de cámara de recolección	0.35	[m]	Se adopta un valor de 0.35m de borde libre del fondo de la cámara de recolección, teniendo en cuenta el cheque realizado de la aducción de la bocatoma hacia el desarenador.

Fuente: Propia

8.3.4. Diagnóstico y diseño de la línea de aducción de bocatoma a desarenador.

La aducción del acueducto de la inspección de El Vino sale del rio Sabaneta, posee una longitud de 28 metros la cual desemboca en el desarenador, el tramo de tubería es de PVC con un diámetro de 4", en la actualidad está enterrada de manera superficial.

Se puede observar en las fotografías que la tubería de aducción en algunos tramos no se encuentra totalmente enterrada, adicional presenta fugas debido al mal estado de la misma, lo que ha llevado a los habitantes del El Vino realizar arreglos no convencionales.

Fotografía 2. Estado de la red de aducción existente



Fuente: Propia

Mediante el siguiente diagnóstico realizado a la aducción, se propone cambiar el tramo de la tubería dado que se encuentra cristalizada debido a que está a la intemperie por lo que se presentan fugas debido al mal estado de sus accesorios. Tras esta situación es necesario cambiar los codos y las uniones para el correcto funcionamiento de la aducción.

Para realizar el diseño de la línea de aducción de los componentes del acueducto de El Vino, con el fin de verificar su cumplimiento hidrológico. Se tuvo en cuenta los parámetros establecidos en la Resolución 0330 de 2017 en la sección 3 sistema de transporte y distribución en el artículo 56, adicional se empleó los procedimientos de diseño académicos tradicionales. (López Cualla 2003)

Tabla 16. Datos de entrada, verificación y diseño línea de aducción

VERIFICACIÓN Y DISEÑO LINEA DE ADUCCIÓN					
DATOS DE ENTRADA					
DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO	FORMULA	VR	UND	DECISIÓN
Caudal máximo diario	QMD	Dato de entrada	0,00432	m3/s	Condición inicial
Coeficiente de rugosidad de Manning	n	Dato de entrada	0,009	Adim	Condición inicial
Longitud de la aducción		Dato de entrada	28	m	Condición inicial
Cota bocatoma		Dato de entrada	2629,9	m	Condición inicial
Cota desarenador		Dato de entrada	2626,72	m	Condición inicial
Cota fondo cámara recolección		Dato de entrada	2629,79	m	Condición inicial

Fuente: Propia

Tabla 17. Calculo de condiciones a tubo lleno, línea de aducción

CALCULO DE CONDICIONES A TUBO LLENO						
DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO	FORMULA	V/R	UND	DECISIÓN	OBSERVACIONES
Pendiente	S	$S = \frac{Cota Boc - Cota Desa}{L} * 100$	0,114	m	Calculado	N.A
Diámetro de la tubería	D	$1,548 * \left(\frac{n * Q}{S^{0,5}} \right)^{\frac{3}{8}}$	0,052	m	Calculado	Dado que el diámetro calculado nos da 2,047 pulgadas, se opta por tomar un diámetro comercial, D = 4" = 0,1143 m
Diámetro comercial	D		0,1143	m	Asumido	N.A

Continuación Tabla 17

Caudal diseño	Qo	$Q_o = 0,312 * \left(\frac{D^{\frac{8}{3}} * S^{0,5}}{n} \right)$	0,036	m3/s	Calculado	
Velocidad a tubo lleno	Vo	$V_o = \frac{Q}{\frac{\pi}{4}(D)^2}$	3,50	m/s	Calculado	Cumple, dado que la velocidad mínima para tuberías de aducción según resolución 0330 de 2017 debe ser de 0,5 m/s
Radio hidráulico	Ro	$R_o = \frac{D}{4}$	0,029	m	Calculado	
Relaciones hidráulicas	Q/Qo	Q/Qo	0,120	adim	Calculado	
	Vr/Vo	Vr/Vo	0,570	adim	Asumido tabla 8.2	De acuerdo al valor de la relación Q/Qo se entra a la tabla 8.2 del libro elementos de diseño para acueductos, López Cualla, relación hidráulicas para ductos circulares y se obtiene los valores de Vr/Vo, R/Ro, d/D
	R/Ro	R/Ro	0,630	adim	Asumido tabla 8.2	
	d/D	d/D	0,270	adim	Asumido tabla 8.2	
Velocidad de diseño	Vr	$V_r = V_r/V_o * V_o$	1,997	m/s	Calculado	Cumple, dado que la velocidad mínima debe ser de 0,5 m/s
Radio hidráulico	R	$R = R/R_o * R_o$	0,018	m	Calculado	
D	d	$d = d/D * D$	0,031	m	Calculado	
Esfuerzo cortante	T	$\tau = \gamma RS$	20,057	N/m ²	Calculado	Cumple, satisfactoriamente el arrastre de salidos de arenas y material orgánico presente en la fuente superficial menores de D10 (mm)

VERIFICACIÓN DE LA COTA A LA SALIDA DE LA BOCATOMA						
DESCRIPCIÓN - FORMULA			V/R	UND	DECISIÓN	OBSERVACIONES
$d + 1,5 * \frac{v^2}{2 * g}$			0,34	m	Calculado	Dado que la profundidad existente desde la lámina de agua en la cámara de recolección de la bocatoma hasta el fondo es de 0,12 m, valor que difiere al calculado se procede a modificar las condiciones de diseño. Se opta una profundidad de 0,35 m para ello se baja la cota del fondo de la cámara de recolección a 0,22 m con fin de obtener 0,35 m.
Al bajar la cota de fondo de la cámara de recolección de la cámara de recolección de 2629,90 a 2629,68 22 cm de altura, y definir la cota de batea de la tubería a la llegada como 2626,72 - 0,22 = 2626,5 se obtiene						
DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO	FORMULA	V/R	UND	DECISIÓN	OBSERVACIONES
Pendiente	S	$S = \frac{Cota Boc - Cota Desa}{L} * 100$	0,114	m	Calculado	Dado que al hacer la verificación de la cota la salida de la bocatoma, la pendiente no cambia no se procede a realizar los caculos realizador anteriormente por lo tanto se procede al realizar el caculo del caudal de excesos
Caudal de excesos	Qexcesos	$Q_{excesos} = Q_{lleno} - Q_{diseño}$	0,032	m3/s	Calculado	Este será el caudal de exceso máximo previsto, será el caudal que habrá que considerar en el diseño de la estructura de excesos del desarenador.

Continuación Tabla 17

COTAS DEFINITIVAS Y CONDICIONES HIDRAULICAS SERÁN			
DESCRIPCIÓN	V/R	UND	DECISIÓN
Cota de batea a la salida de la bocatoma	2629,68	m	Calculado
Cota Clave a la salida de la bocatoma	2629,79	m	Calculado
Cota batea a la llegada del desarenador	2626,5	m	Calculado
Cota clave a la llegada del desarenador	2626,61	m	Calculado
Cota de la lámina de agua a la llegada al desarenador	2627,93	m	Calculado

Fuente: Propia

8.3.5. Diseño del desarenador.

Con el fin de realizar el proceso de sedimentación de material solido por acción de la gravedad, para el caso del acueducto del Centro Poblado El Vino actualmente cuenta con un sistema de pretratamiento, el cual se encuentra ubicado cerca a la bocatoma (Véase según fotografía).

Como se puede evidenciar en la fotografía el desarenador se encuentra en buen estado, tiene una antigüedad de 20 años, actualmente presenta deterioro en las paredes, por lo que requiere solución con mantenimiento, así mismo las válvulas se encuentran oxidadas debido a la provocación del entorno, se recomienda realizar el cambio de dichas válvulas, colocar tapas para prevenir ingreso de materiales no deseados, es conveniente hacer cambio de tuberías y accesorios que se encuentran en mal estado.

Fotografía 3. Estado actual del desarenador



Fuente: Propia

Para realizar el diseño del desarenador se tuvo en cuenta los parámetros según Resolución 0330 de 2017 sección 3 del artículo 56 aducción y conducción adquiriendo los siguientes resultados:

Tabla 18. Verificación y diseño, desarenador

VERIFICACIÓN Y DISEÑO- DESARENADOR EXISTENTE				
CONDICIONES DE LA TUBERÍA DE ENTRADA				
DESCRIPCIÓN	VARIABLE	FORMULA	VALOR	ELECCIÓN
Caudal transportado por la aducción	Q	Información de entrada	0,0043 m ³ /s	Condición de entrada
velocidad aducción	V	Información de entrada	2,00 m/s	Condición de entrada
Tubería de entrada	D	Información de entrada	3 in	Condición de entrada
máximo caudal transportado por la aducción	Qo	Información de entrada	0,036 m ³ /s	Condición de entrada
Velocidad máxima aducción	Vo	Información de entrada	0,57 m/s	Condición de entrada
Altura lámina de agua	d	Información de entrada	0,03 m	Condición de entrada
CONDICIONES DE DISEÑO DEL DESARENADOR				
DESCRIPCIÓN	VARIABLE	FORMULA	VALOR	ELECCIÓN
Periodo de diseño	T	Información de entrada	25 años	Condición de entrada
Numero de módulos	#Módulos	Información de entrada	1 Und	Condición de entrada
Caudal medio diario año final	Qmd	Información de entrada	3,34 L/s	Condición de entrada
Caudal máximo diario año final	QMD	Información de entrada	4,00 L/s	Condición de entrada
Caudal medio diario año inicial	Qmd	Información de entrada	3,50 L/s	Condición de entrada
Caudal de diseño cada modulo	Q Módulo	Información de entrada	4,00 L/s	Condición de entrada
Tamaño de la partícula a remover	ds	Información de entrada	0,05 mm	Condición de entrada
eficiencia del desarenador	Ef	Información de entrada	75 %	Condición de entrada
Temperatura del agua	T°	Información de entrada	18 C°	Condición de entrada
Viscosidad cinemática del fluido (agua)	μ	Información de entrada	0,01059 cm ² /s	Condición de entrada
Grado del desarenador	n	Información de entrada	1	Condición de entrada
Relación longitud : ancho 4:1	L/B	Información de entrada	4:1	Condición de entrada
peso específico de la partícula de arena	ps	Información de entrada	2,65 grs/cm ³	Condición de entrada
peso específico del fluido (agua)	ρ	Información de entrada	1,00 grs/cm ³	Condición de entrada
Gravedad	g	Información de entrada	981,00 cm/s ²	Condición de entrada

Continuación Tabla 18

Cota de lámina en la tubería a la entrada del desarenador		Información de entrada	2.626,93 m	Condición de entrada
Cota de la batea en la tubería a la entrada del desarenador		Información de entrada	2.626,50 m	Condición de entrada
Cota de la corona de muros		Información de entrada	2.627,00 m	Condición de entrada
CALCULOS DE LOS PARÁMETROS DE SEDIMENTACIÓN				
DESCRIPCIÓN	VARIABLE	FORMULA	VALOR	ELECCIÓN
Velocidad de sedimentación de la partícula ds=0.05mm	Vs	$vs = \frac{g}{18} \left(\frac{\rho s - \rho}{v} \right) x d^2$	0,247 cm/s	Calculado
Numero de Hazen (vs/vo)		θ / t	3	Tabla 9.3
Profundidad útil de sedimentación 1.5 < h < 4.0 m	H	INFORMACIÓN DE ENTRADA	1,50 m	Asumida
Tiempo que dura la partícula (d=0,05mm) en llegar al fondo	T	$T = H / vs$	608 s	Calculado
Periodo de retención hidráulico	θ	$\theta = 3 * t$	1.824,1 s	Calculado
Periodo de retención hidráulico	θ		0,51 h	Calculado
Cumple dado que el Periodo de retención hidráulica se encuentra en el rango 0.50 hr - 4.0 hr				
Volumen del tanque	V	$V = Q * \theta$	7,30 m3	Calculado
Área superficial	As	$As = V * H$	4,86 m2	Calculado
Relación l:b	L:B	L:B	4:1	m/m
Ancho del tanque	B	$B = \sqrt{\frac{As}{4}}$	1,10 m	Calculado
Longitud del tanque	L	$L = 4 * B$	4,41 m	Calculado
Carga superficial	q	$q = Q / As$	71,05 m3/m2*d	Calculado
Dado que el valor de la carga superficial esta entre 15 y 80 m3/m2*d, CUMPLE				
Velocidad de sedimentación de la partícula crítica	Vo	Vo=q	0,08 cm/s	Calculado
Tamaño teórico de la partícula removida	do	$do = \sqrt{\frac{Vo * 18 * \mu}{g * (\rho s - \rho)}}$	0,003 cm	Calculado
Tamaño teórico de la partícula removida	do		0,03 mm	Calculado
RELACIÓN DE TIEMPOS	Vs/Vo	Vs/Vo	3	Calculado
Velocidad horizontal	Vh	$Vh = \frac{Vo * L}{H}$	0,24 cm/s	Calculado
Velocidad horizontal máxima	Vhmax		4,93 cm/s	Calculado
Velocidad máxima de re suspensión	Vr	$Vr = \sqrt{\frac{8k}{f} g(\rho s - \rho) * d}$	9,65 cm/s	Calculado

Continuación Tabla 18

CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LOS MÓDULOS				
DESCRIPCIÓN	VARIABLE	FORMULA	VALOR	ELECCIÓN
Periodo de retención hidráulico modulo	θ	$\theta = V/Q$	0,58 h	Calculado
Dado que le periodo de retención hidráulico se encuentra en el rango de 0.50 hr - 4.0 hr, CUMPLE				
CALCULO DE LOS ELEMENTOS DEL DESARENADOR				
DESCRIPCIÓN	VARIABLE	FORMULA	VALOR	ELECCIÓN
Altura de lámina de agua sobre el vertedero de salida	Hv	$H = \left(\frac{Q}{1,84 * B} \right)^{3/2}$	0,016 m	Calculado
Velocidad sobre la cresta del vertedero	m/s	$Vv = \frac{Q}{BHv}$	0,23 m/s	Calculado
Alcance horizontal	Xs	$Xs = 0,36(Vv)^{2/3} + 0,60(Hv)^{4/7}$	0,19 m	Calculado
lv	Lv		0,35 m	Calculado
Dado que el alcance horizontal es menor que 0,35 m se asume un valor de 0,35 m				
PANTALLA DE SALIDA				
Profundidad		PROFUNDIDAD=H/2	0,75 m	Calculado
Distancia al vertedero de salida		15*Hv	0,24 m	Calculado
PANTALLA DE ENTRADA				
profundidad		H/2	0,75 m	Calculado
Distancia a la cámara de aquietamiento		L/4	1,10 m	Calculado
ALMACENAMIENTO DE LODOS				
Relación longitud: profundidad lodos			10	Asumida
Profundidad máxima	Pmax	L/RELACIÓN	0,44 m	Calculado
Profundidad máxima adoptada	Pmax		1,00 m	Asumida
Profundidad mínima adoptada	Pmin		0,80 m	Asumida
Distancia pto. salida a cámara de aquietamiento		L/3	1,47 m	Calculado
Distancia pto. salida al vertedero de salida		2*L/3	2,94 m	Calculado
Pendiente transversal		(Pmax -Pmin)/ B	18,1%	Calculado
Pendiente longitudinal en l/3		Pmax /(L/3)	13,6%	Calculado
Pendiente longitudinal en 2l/3		Pmax / (2*L/3)	6,8%	Calculado
CÁMARA DE AQUIETAMIENTO				
Profundidad	P'	H/3	0,50 m	Calculado
Borde libre			0,30 m	Asumido
Profundidad + borde libre		P'+0.3	0,80 m	Calculado
Ancho		B/3	0,37 m	Calculado
Ancho adoptado			0,85 m	Asumido
Largo adoptado			0,50 m	Asumido
REBOSE DE LA CÁMARA DE AQUIETAMIENTO				
Caudal de excesos	Qexc	$Qexc = Qo - Q$	0,032 m3/s	Calculado
Altura vertedero de excesos	He	$He = (Qexcesos/1,84Le)^{2/3}$	0,11 m	Calculado

Continuación Tabla 18

Velocidad de excesos	Ve	$Ve = Q_{exc}/H_v * Le$	0,60 m/s	Calculado
Alcance horizontal	Xs	$Xs = 0,36(Ve)^{\frac{2}{3}} + 0,60(He)^{\frac{4}{7}}$	0,42 m	Calculado
Longitud del rebose mínima	Lr-min		0,40 m	Calculado
Longitud del rebose	Lr	(B-ancho)/2	0,37 m	Calculado
Longitud del rebose asumida	Lr		0,40 m	Calculado
PERFIL HIDRÁULICO				
DESCRIPCIÓN	VARIABLE	FORMULA	VALOR	ELECCIÓN
Coficiente de pérdidas a la entrada	K	K	0,20	Asumido
Velocidad a la entrada	V1	INFORMACIÓN DE ENTRADA	2,00 m	Condición inicial
Velocidad a la salida	V2	$V2 = ((QMD + Qplanta)/(Lr * P'))$	0,02 m/s	Calculado
Perdidas entrada cámara de aquietamiento	hm	$hm = k\Delta \frac{V^2}{2g}$	0,0406 m	Calculado
Coficiente de pérdidas a la entrada	K		0,10	Asumido
Velocidad a la entrada	V1		0,02 m/s	Calculado
Velocidad a la salida	V2	$V2 = V_o$	0,01 m/s	Calculado
Perdidas entrada cámara de aquietamiento	hm	$hm = k\Delta \frac{V^2}{2g}$	0,000163 m	Calculado
ao	Ao		0,83 m ²	Calculado
perdidas por las pantallas inicial y final	H	$H = (Q/(Cd * Ao))^2 * (1/(2 * g))$	3,30E-06	Calculado
CALCULO DE LOS DIÁMETROS DE LA TUBERÍA DE EXCESOS Y LAVADO				
DESCRIPCIÓN	VARIABLE	FORMULA	VALOR	ELECCIÓN
Tubería de excesos	Texcesos		6 in	Asumido
Tubería De Lavado				
Cota de entrega del desagüe de lavado	-	INFORMACIÓN DE ENTRADA	2.626,20 m	Asumido
Cota de lámina de agua sobre la tubería		Cota de entrada - perdidas a la entrada	2.626,89 m	Calculado
Diámetro tubería de lavado	D	Diámetro	6 in	Asumido
Diámetro real			0,16 m	Asumido
Tubería pvc	C		150	Asumido
Longitud de la conducción tubería de lavado	L		2 m	Asumido
Altura disponible	H	Cota entra-perdidas-cota del desagüe	0,69 m	Calculado
PERDIDAS EN LA CONDUCCIÓN	+	Longitud equivalente	cantidad	Longitud
Entrada normal	Per-entra	2,5	1 Und	2,5
Válvula de compuerta	Per-Valvu	1,1	1 Und	1,1
Codo radio corto	Per-Codo	4,9		0
Te cambio dirección	Per-Te	10		0
Salida	Per-Sal	5	1 Und	5
Tubería	Per-Tub	1	2 m	2
Longitud total equivalente	Le total	Per-entra+Per-Valvu+Per-Codo+Per-Te+Per-Sal+Per-Tub	10,60 m	
Cota de lámina de agua sobre la tubería		$I = \frac{H}{LE}$	0,06503 m/m	Calculado

Continuación Tabla 18

Caudal inicial	Q inicial	$Q_{inicial} = 0.2785CD^{2.63}J^{0.54}$	0,077 m3/s	Calculado
Velocidad	V	$V = \frac{Q_{inicial} * 4}{\pi * D^2}$	3,83 m/s	Calculado
(V2/2g)inicial		$\frac{V^2}{2 * g}$	0,75 m	Calculado
Coeficiente de descarga	Cd	$C_d = \frac{Q}{A_o * \sqrt{2 * g * H}}$	0,55	Calculado
COEFICIENTE DE DESCARGA	Cd	$t_{vaciado} = \frac{2 * A_s}{C_d A_o \sqrt{2 * g}} * H^{\frac{1}{2}}$	165,73 seg	Calculado
COEFICIENTE DE DESCARGA	Cd		2,76 min	Calculado
CALCULO DE COTAS DEFINITIVAS				
DESCRIPCIÓN			VALOR	ELECCIÓN
Cota de batea de la tubería de entrada			2.626,50 m	Condición inicial
Cota lámina de agua en tubería de entrada			2.626,53 m	Calculado
Cota lámina de agua en cámara aquietamiento			2.626,89 m	Calculado
Cota de la cresta del vertedero cámara de aquietamiento			2.626,78 m	Calculado
Cota fondo de la cámara de aquietamiento			2.626,39 m	Calculado
Cota lámina de agua en la zona de sedimentación			2.626,89 m	Calculado
Cota de la corona de los muros del desarenador			2.627,23 m	Calculado
Cota inferior de pantallas de entrada y salida			2.626,14 m	Calculado
Cota del fondo de profundidad útil de sedimentación			2.625,39 m	Calculado
Cota placa fondo a la entrada y salida del desarenador			2.624,59 m	Calculado
Cota placa fondo en punto de desagüe			2.624,39 m	Calculado
Cota de batea de la tubería de lavado			2.624,39 m	Calculado
Cota clave de la tubería de lavado			2.624,59 m	Calculado
Cota cresta del vertedero de salida			2.626,86 m	Calculado
Cota lámina de agua de la cámara de recolección			2.626,71 m	Calculado
cota fondo de la cámara de recolección(supuesta)			2.626,56 m	Calculado
PANTALLA DEFLECTORA				
Velocidad de paso a través del orificio	Vel.orf	Información de entrada	0,20 m/s	Se asume
VALORES ASUMIDO POR EL LIBRO DE CORCHO ROMERO				
Área efectiva del orificios	Ae	Ae=Qdis/Vorf	0,0200 m2	Calculado
Diámetro de los orificios	d	Información de entrada	1 in	Asumido
Diámetro de los orificios	d	Información de entrada	0,0254 m	Calculado
área de cada orificio	ao	$ao = \pi * r^2$	0,00051 m2	Calculado
Numero de orificios	N	N=Ae/ao	40 Und	Calculado
Numero de filas	NF	Información de entrada	8 Und	Asumido
Numero de columnas	NC	Información de entrada	5 Und	Calculado
Longitud	L	L=L/10	0,44 m	Calculado
Ancho	B		1,10 m	Calculado

Continuación Tabla 18

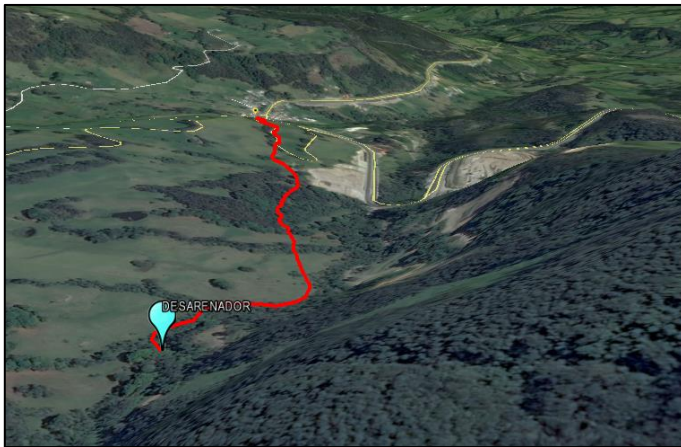
Separación entre filas	SF	$SF = (B - d * NF) / (NF + 1)$	0,03 m	Calculado
Separación entre columnas	SC	$SC = (L - d * NC) / (NC + 1)$	0,16 m	Calculado

Fuente: Fuente: Tomado y adaptado de la consultoría MYR SAS con respecto a la nueva población de diseño y los nuevos cálculos del desarenador

8.3.6. Diagnóstico y diseño de red de conducción – Desarenador a Tanque.

La red de conducción existente cuenta con una red de tubería a presión de $\varnothing=3"$, con una extensión de 1326 m hasta la conexión con el tanque de almacenamiento existente, dicha tubería se encuentra enterrada a una profundidad promedio de 0.6m, según la información del fontanero de la inspección, para facilitar su reparación y mantenimiento, cabe resaltar que en algunos sectores se vio la necesidad de profundizar la red, teniendo en cuenta que se encuentran zonas de inestabilidad por movimiento de suelos.

Ilustración 11. Localización de la red de conducción existente



Fuente: Google Earth

No obstante, se encuentra un tramo de la red en paso elevado o tipo viaducto, según como se observa en la **Fotografía** 4. Dicho tramo se encuentra atravesando una fuente superficial por medio de tensores y abrazaderas cada 40cm, por consiguiente, presenta una ondulación en L/2 de este cruce, ocasionando deflexión debido a su propio peso, causando pérdidas en el sistema.

Fotografía 4. Paso elevado de la red de conducción



Fuente: Propia

En tramos posteriores se presenta rotura de tubería y fugas constantemente, ocasionados por movimientos de tierras, teniendo en cuenta que la tubería se encuentra a 2 m de la falda del deslizamiento y podría colapsar.

Fotografía 5. Localización de red de aducción por zona de movimiento de suelos



Fuente: Propia

Por consiguiente, se proyecta la instalación de puntos de apoyo para el paso elevado de la tubería, debido a las condiciones en algunos sectores, tanto por movimiento de suelos y cruce de fuente hídrica. Tal como se observa en la **Tabla 19**.

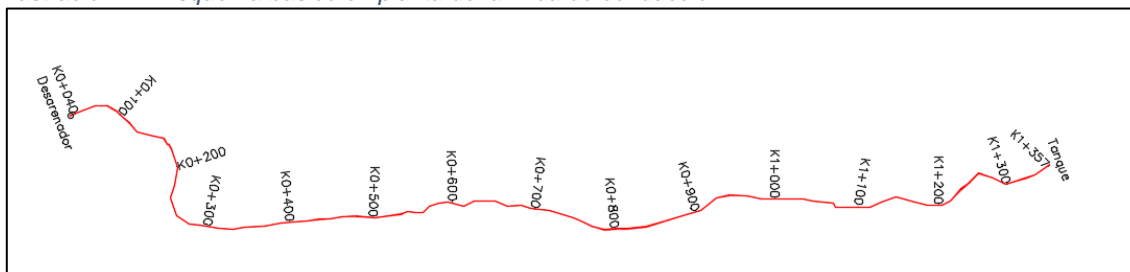
Tabla 19. Localización de puntos de apoyos para pasos elevados

OBRA	CANTIDAD	ABSCISA	ELEVACIÓN [msnm]
Punto de Apoyo 1	1	K0+331.17	2600.51
Purga Punto de Apoyo 2	1	K0+389.65	2597.42
Punto de Apoyo 3	1	K0+449.14	2591.25
Punto de Apoyo 4	1	K0+503.40	2589.99

Fuente: Propia

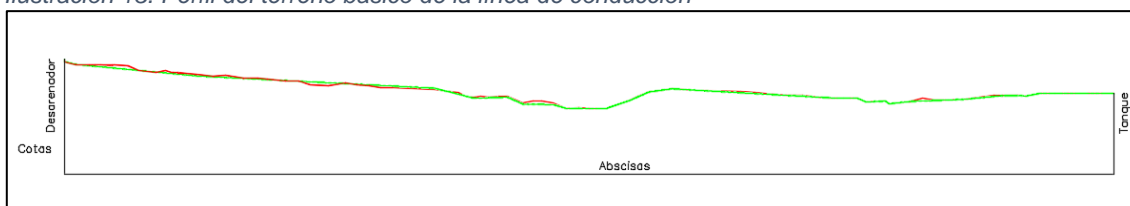
Adicionalmente, el sistema no cuenta con válvulas de ventosa y de purga, lo que ocasiona obstáculos por acumulación de aire y sedimentos reduciendo la capacidad de transporte de la conducción.

Ilustración 12. Esquema básico en planta de la línea de conducción



Fuente: Adaptado de Estudio Pre-diagnostico MYR S.A.S

Ilustración 13. Perfil del terreno básico de la línea de conducción



Fuente: Adaptado de Estudio Pre-diagnostico MYR S.A.S

De acuerdo con la topografía y localización de la red de conducción existente, se requiere instalar una válvula de purga de Ø3" y una válvula de ventosa de Ø3" teniendo en cuenta que no se encuentran instalada. A continuación, en la **Tabla 20** se observan las ubicaciones propuestas de las válvulas de purga y ventosa requeridas.

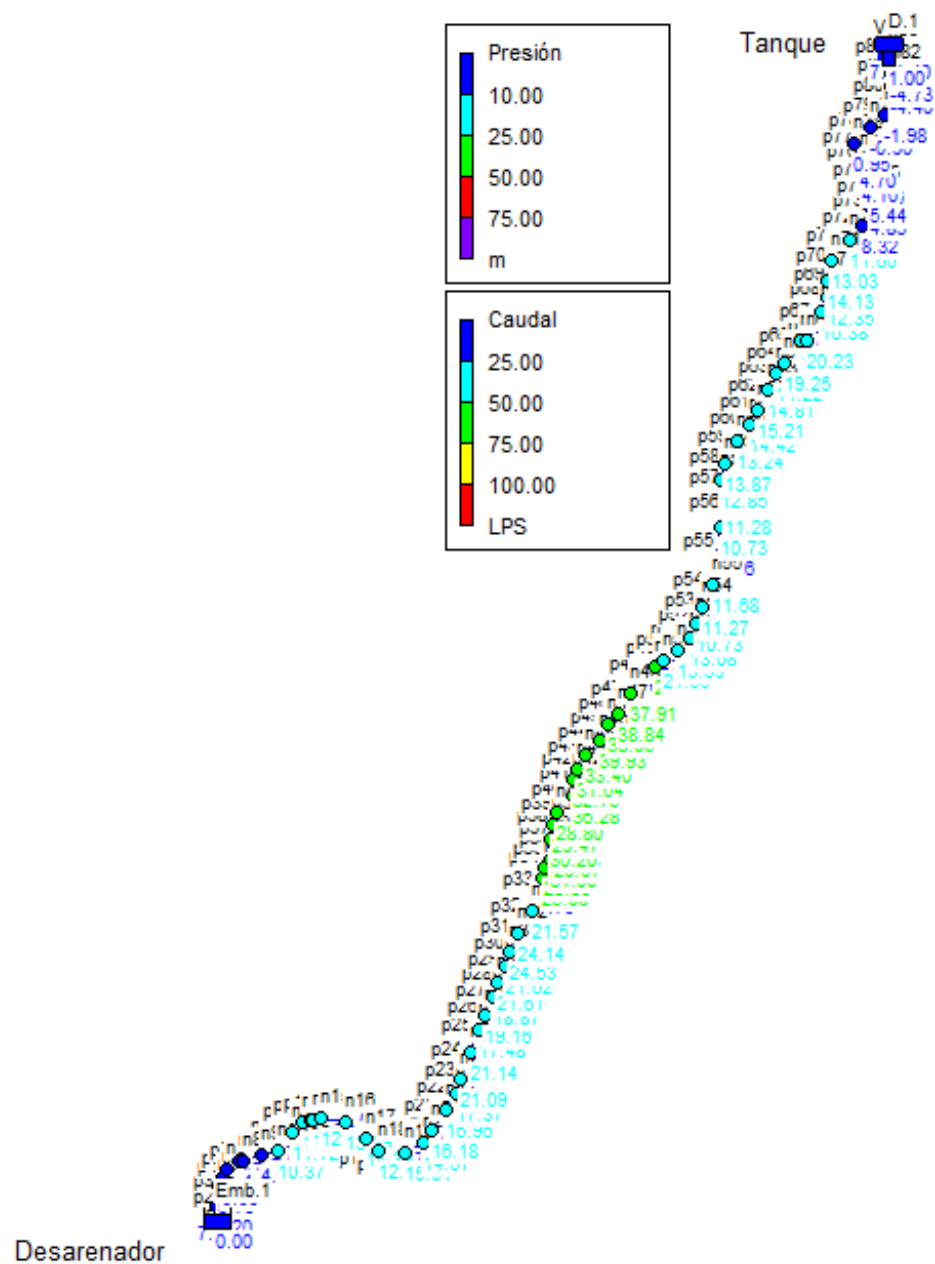
Tabla 20. Localización de válvulas de ventosa y purga

VÁLVULA	Ø (")	ABSCISA	ELEVACIÓN [msnm]
Ventosa	3	K0+803.72	2589.40
Purga	3	K0+719.96	2564.38
Purga	3	K1+078.20	2570.47

Fuente: Propia

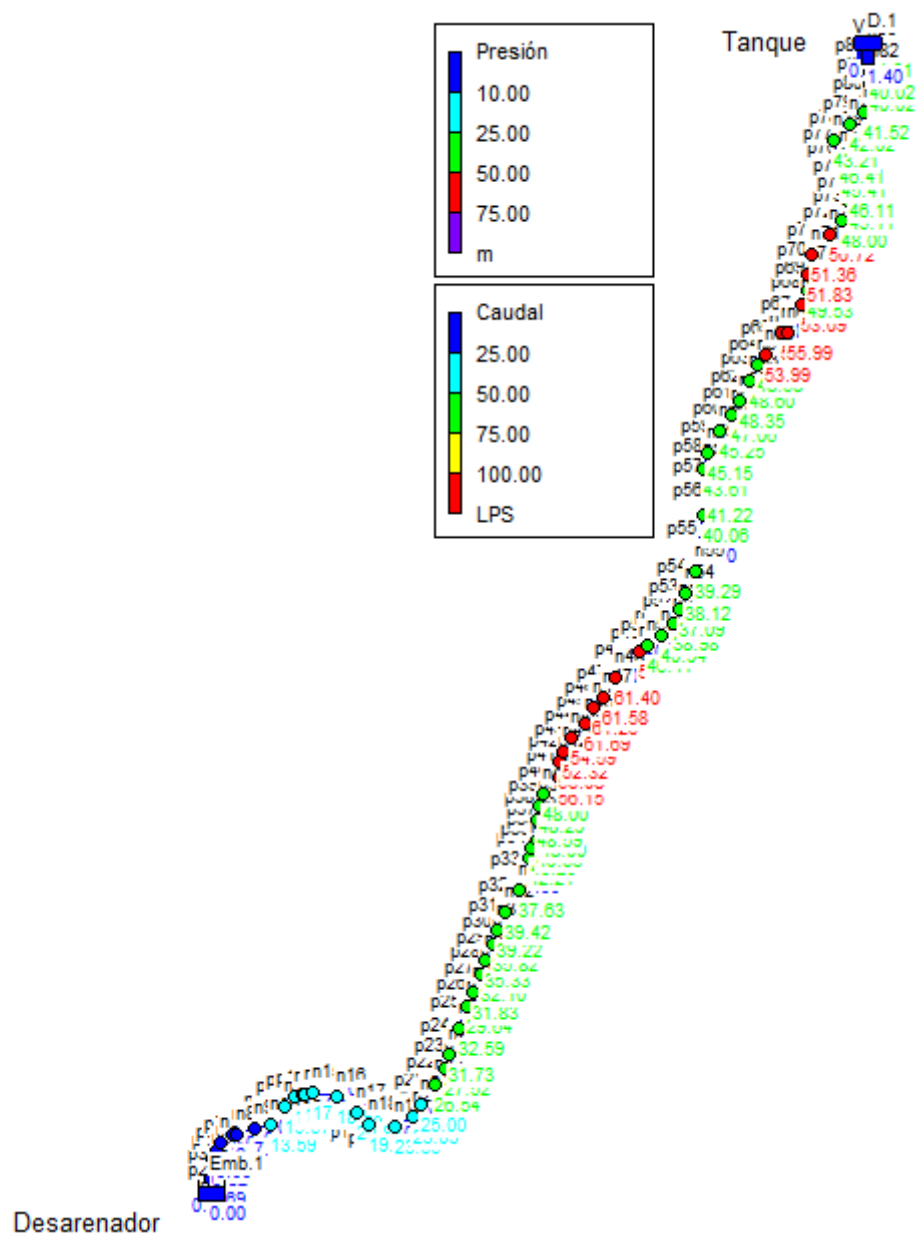
Por consiguiente, se verificó las condiciones actuales del sistema de conducción por medio del análisis matricial del software EPANET, en un instante inicial de tiempo de 24 y 22 hr.

Ilustración 14. Básico de modelación de la red conducción existente Tiempo 24:00 Hr..



Fuente: Propia-Epanet

Ilustración 15. Básico de modelación de la red conducción existente Tiempo 1:00 - 22:00 Hr.



Fuente: Propia- Epanet

Las presentes modelaciones analizadas desde un tiempo inicial 24:00 Hr y los rangos de funcionalidad de tiempo entre 1:00 a 22:00 Hr, arrojaron las siguientes condiciones hidráulicas:

- En el tiempo inicial 24 Hr, no evidencia presiones negativas, las cuales necesiten apoyo de un sistema de bombeo auxiliar.
- En el tiempo inicial 01:00 a 22:00 Hr, no se evidencian presiones negativas, las cuales necesiten apoyo de un sistema de bombeo auxiliar. Por consiguiente, el sistema trabaja adecuadamente en función del transporte del recurso hídrico hasta la entrada el tanque.
- Se evidencian presiones que superan los 50 m.c.a. llegando un máximo de modelación en la hora 12:00 Hr de 62 mca, con un trabajo constante en la red, aunque para una red de distribución se consideraría alto, se proyecta que para los picos de aumento de presión se recomienda el cambio por tubería tipo PEAD en un diámetro Ø= 3", dicha tubería es comercializada generalmente por rollos de 50 metros y presenta una ventaja en la instalación y no requiere gastos adicionales en accesorios debido a su flexibilidad.
- Se evidencian presiones que superan los 30 mca llegando un máximo de modelación en el tiempo 00:00 Hr de 40 mca.

Tabla 21. Distribución de presiones en los nodos.

En el instante 12:00Hr		Comparación de incremento	En el instante 00:00Hr	
ID Nudo	Presión m		ID Nudo	Presión m
Conexión n2	2.58	0	Conexión n2	2.58
Conexión n3	5.69	0.49	Conexión n3	5.2
Conexión n4	6.82	1.09	Conexión n4	5.73
Conexión n5	6.9	1.34	Conexión n5	5.56
Conexión n6	7.27	1.59	Conexión n6	5.68
Conexión n7	7.18	2.06	Conexión n7	5.12
Conexión n8	6.36	2.13	Conexión n8	4.23
Conexión n9	7.59	2.74	Conexión n9	4.85
Conexión n10	13.59	3.22	Conexión n10	10.37
Conexión n11	15.67	3.95	Conexión n11	11.72
Conexión n12	14.39	4.37	Conexión n12	10.02
Conexión n13	16.67	4.65	Conexión n13	12.02
Conexión n14	16.67	4.7	Conexión n14	11.97
Conexión n15	17.23	4.92	Conexión n15	12.31
Conexión n16	18.98	5.69	Conexión n16	13.29
Conexión n17	20.83	6.44	Conexión n17	14.39
Conexión n18	19.93	6.99	Conexión n18	12.94

Continuación Tabla 21

Conexión n19	23.66	7.75	Conexión n19	15.91
Conexión n20	23.03	8.36	Conexión n20	14.67
Conexión n21	25.00	8.82	Conexión n21	16.18
Conexión n22	26.54	9.58	Conexión n22	16.96
Conexión n23	27.52	10.15	Conexión n23	17.37
Conexión n24	31.73	10.64	Conexión n24	21.09
Conexión n25	32.59	11.45	Conexión n25	21.14
Conexión n26	29.64	12.16	Conexión n26	17.48
Conexión n27	31.83	12.67	Conexión n27	19.16
Conexión n28	32.1	13.23	Conexión n28	18.87
Conexión n29	35.33	13.72	Conexión n29	21.61
Conexión n30	35.82	14.2	Conexión n30	21.62
Conexión n31	39.22	14.69	Conexión n31	24.53
Conexión n32	39.42	15.28	Conexión n32	24.14
Conexión n33	37.63	16.06	Conexión n33	21.57
Conexión n34	42.21	17.12	Conexión n34	25.09
Conexión n35	46.25	17.39	Conexión n35	28.86
Conexión n36	49.63	17.73	Conexión n36	31.9
Conexión n37	48.00	18.03	Conexión n37	29.97
Conexión n38	48.59	18.39	Conexión n38	30.2
Conexión n39	48.29	18.82	Conexión n39	29.47
Conexión n40	48.0	19.2	Conexión n40	28.8
Conexión n41	56.15	19.87	Conexión n41	36.28
Conexión n42	53.08	20.33	Conexión n42	32.75
Conexión n43	52.32	20.68	Conexión n43	31.64
Conexión n44	54.59	21.19	Conexión n44	33.4
Conexión n45	61.69	21.76	Conexión n45	39.93
Conexión n46	61.26	22.31	Conexión n46	38.95
Conexión n47	61.58	22.74	Conexión n47	38.84
Conexión n48	61.4	23.49	Conexión n48	37.91
Conexión n49	50.6	24.54	Conexión n49	26.06
Conexión n50	46.41	24.86	Conexión n50	21.55
Conexión n51	40.94	25.35	Conexión n51	15.59
Conexión n52	38.98	25.9	Conexión n52	13.08
Conexión n53	37.09	26.36	Conexión n53	10.73
Conexión n54	38.12	26.85	Conexión n54	11.27
Conexión n55	39.29	27.61	Conexión n55	11.68
Conexión n56	40.06	29.33	Conexión n56	10.73
Conexión n57	41.22	29.94	Conexión n57	11.28
Conexión n58	43.61	30.76	Conexión n58	12.85

Continuación Tabla 21

Conexión n59	45.15	31.28	Conexión n59	13.87
Conexión n60	45.25	32.01	Conexión n60	13.24
Conexión n61	47.06	32.64	Conexión n61	14.42
Conexión n62	48.35	33.14	Conexión n62	15.21
Conexión n63	48.6	33.79	Conexión n63	14.81
Conexión n64	48.58	34.36	Conexión n64	14.22
Conexión n65	53.99	34.74	Conexión n65	19.25
Conexión n66	52.99	35.58	Conexión n66	17.41
Conexión n67	55.99	35.76	Conexión n67	20.23
Conexión n68	53.09	36.71	Conexión n68	16.38
Conexión n69	49.53	37.18	Conexión n69	12.35
Conexión n70	51.83	37.7	Conexión n70	14.13
Conexión n71	51.36	38.33	Conexión n71	13.03
Conexión n72	50.72	39.12	Conexión n72	11.6
Conexión n73	48	39.68	Conexión n73	8.32
Conexión n74	45.11	40.28	Conexión n74	4.83
Conexión n75	46.11	40.67	Conexión n75	5.44
Conexión n76	45.41	41.31	Conexión n76	4.1
Conexión n77	46.41	41.71	Conexión n77	4.7
Conexión n78	43.21	42.26	Conexión n78	0.95
Conexión n79	42.02	42.92	Conexión n79	-0.9
Conexión n80	41.52	43.5	Conexión n80	-1.98
Conexión n81	40.02	44.42	Conexión n81	-4.4
Conexión n82	40.02	44.75	Conexión n82	-4.73
Conexión n83	44.01	45.41	Conexión n83	-1.4
Embalse Emb.1	0	0	Embalse Emb.1	0
Depósito D.1	1.4	0.4	Depósito D.1	1

Fuente: Epanet

En la tabla anterior se puede evidenciar las variaciones de presión en la red hasta el tanque, por lo cual se realiza una comparativa de presión en el momento óptimo de operación del sistema a gravedad contra el sistema inicial, lo anterior es de gran importancia para detectar si el sistema puede llegar a presentar variaciones de sobre presión.

Tabla 22. Caudal, velocidad y factor de fricción relacionados en el transporte del sistema actual.

Tabla de Red – Línea de conducción			
# Tubería	Caudal	Velocidad	Factor de Fricción
	LPS	m/s	Ad.
Tubería p1	4.32	1.7	0.017

Fuente: Epanet

Realizando la verificación del sistema se encontró que la conducción cumple, teniendo en cuenta que la velocidad es superior a > 0.5 m/s, mínima establecida por la Res. 0330 de 2017, para sistemas de transporte de abastecimiento.

8.3.7. Tanque de almacenamiento.

El sistema de acueducto del centro poblado de El vino posee un tanque existente semienterrado construido en concreto, tiene aproximadamente una antigüedad de más de 20 años, y contiene las siguientes medidas 4.78 metros de largo, 4.78 metros de ancho y 1.60 metros de profundidad con un borde libre de 0.15 m para la cual su profundidad útil será de 1.45 metros, para un volumen total de 33.31 (m³) metros cúbicos.

En la parte posterior del tanque se encuentra ubicado un sistema de aireación escalonado, el cual tiene como objetivo oxigenar el agua antes de ingresar al tanque de almacenamiento logrando que este proceso mitigue el contenido de gas carbónico CO₂ y compuestos orgánicos volátiles.

Fotografía 6. Tanque de almacenamiento existente



Fuente: Propia

Debido que el nivel de riesgo del sistema de acueducto es bajo para un periodo de diseño de 25 años, y dado que en la inspección del El Vino no existe información base de las curvas de variación del consumo horario. Se debe tener en cuenta que la capacidad de almacenamiento del tanque deberá ser igual a 1/3 del volumen correspondiente distribuido en la zona que va a ser favorecida por el suministro correspondiente a su máximo consumo en un día.

Tabla 23. Datos de entrada - Tanque de almacenamiento

Información de Entrada:	
Periodo de diseño - (años)	25
Habitantes estimados periodo de diseño	1442
Nivel de riesgo	Bajo
Caudal máximo Diario (QMD) - (l/s) año 2019	4,20
Caudal máximo Diario (QMD) - (m3/día)	362,88

Fuente: propia

Según un estudio de diagnóstico realizado en el año 2016 por la empresa MYR S.A.S mediante el documento "PR-DIAG-ELVINOAC-V04" donde se verifico según parámetros basados en la RAS 2000 la capacidad del tanque de almacenamiento, logrando así encontrar que dicho tanque no cumplía los requisitos correspondientes según proyecciones realizadas dado que la capacidad del tanque se encontraba por debajo de la proyectada.

Partiendo como base según la información de diagnóstico mencionada en el párrafo anterior se procede a realizar la respectiva verificación de la capacidad del tanque de almacenamiento existente mediante los parámetros estipulados en la resolución 0330 de 2017 artículo 79, requisitos de diseño de los tanques de almacenamiento:

Tabla 24. Verificación de cumplimiento según resolución 0330 - Tanque de almacenamiento

VERIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS DE DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO EXISTENTE	<u>CUMPLE</u>	<u>NO CUMPLE</u>
El tanque de almacenamiento funciona con esquema de mezcla FIPO (Lo primero que entra es lo mismo que sale)		X
Las esquinas del tanque se encuentran achaflanadas		X
Cuenta con un sistema de renovación de aire, cuanta con un mínimo de borde libre de 0.30 m		X
El tanque cuenta con ventanas o elementos que impidan la entrada de sustancias contaminantes	X	
Se permite cloración a la entrada del tanque		X
La tubería de salida se encuentra ubicada de forma que los niveles mínimo de operación no generen vórtices ni entrada de aire en la red ni ocasione re suspensión de sedimentos		X
El tanque posee una pendiente de fondo que facilite la evacuación de lodos	X	

Fuente: Propia

Mediante la siguiente verificación del tanque de almacenamiento se puede evidenciar que el tanque solo cumple con algunos aspectos mencionados en la resolución 0330, por lo tanto, se procede con a verificar la capacidad de almacenamiento actual.

8.3.7.1. Análisis capacidad de almacenamiento del tanque

Tabla 25. Análisis, capacidad de almacenamiento del tanque

Caudal máximo Diario (QMD) - (m3/día)	362,88
Volumen de regulación de la demanda (m3)	121,11

Fuente: propia

Tabla 26. Cálculos del volumen útil del tanque

Volumen Útil del Tanque	
Descripción estructura	Valor
Profundidad (m)	1,60
Borde Libre (m)	0,15
Altura Útil (m)	1,45
Ancho Interno (m)	4,78
Largo Interno (m)	4,78
Volumen Tanque suministro población (m3)	33,13
Insuficiencia en almacenamiento (m3)	88
Insuficiencia almacenamiento (%)	73

Fuente: propia

Tabla 27. Proyección de la capacidad del tanque - periodo de 25 años

PROYECCIÓN CAPACIDAD TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA UN PERIODO DE 25 AÑOS				
AÑO	QMD L/S	VOLUMEN REQUERIDO (M3)	VOLUMEN ACTUAL DE ALMACENAMIENTO (M3)	INSUFICIENCIA DE ALMACENAMIENTO
2019	4,2	121,11	33,13	87,98
2024	4,32	124,57	33,13	91,44
2029	4	115,35	33,13	82,22
2034	4,06	117,08	33,13	83,95
2039	3,95	113,91	33,13	80,78
2044	4	115,35	33,13	82,22

Fuente: Tomado y adaptado de la consultoría MYR SAS con respecto a la nueva población de diseño

Una vez realizada la proyección del tanque se puede demostrar que la capacidad actual de almacenamiento está por debajo al proyectado con un 73% de insuficiencia.

De acuerdo a este resultado se considera realizar una ampliación del tanque la cual garantice el 100% del volumen requerido para abastecer a la población, dado que se considera una más opción eficientemente viable la cual de no generara tantos gastos monetarios a la inspección del El Vino, como si la genera al realizar un nuevo tanque.

8.3.8. Red de distribución

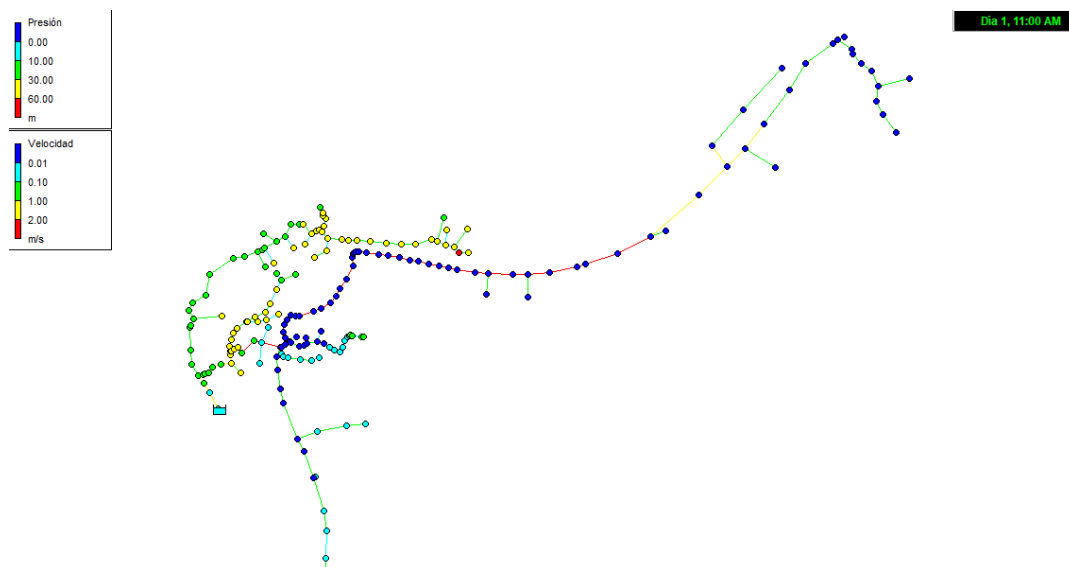
La red de distribución presenta bajas de presión en los nodos en la zona horaria de máxima demanda la cual se encuentra a las 11:00 am, punto en el cual el sistema se encuentra en el consumo pico que genera la comunidad. Por consiguiente, la comunidad manifiesta escases del recurso hídrico en sus hogares, debido a que su sistema se encuentra principalmente constituido por tres ramales o redes de características principalmente terciarias, teniendo en cuenta que los diámetros que encontramos en este sistema de distribución hace relación a diámetros menores a 3" [2", 1-1/2" y 1"], localizada en sectores de difícil accesibilidad en la instalación teniendo en cuenta que se presenta un cruce por la parte inferior del puente que cruza el afluente hídrico de la inspección y por lo cual no es recomendable generar ninguna intervención por la dificultad referente al permiso de la concesión Bogotá – Villeta.

Fotografía 7. Estado y localización aparente de la red de distribución



Fuente: Propia

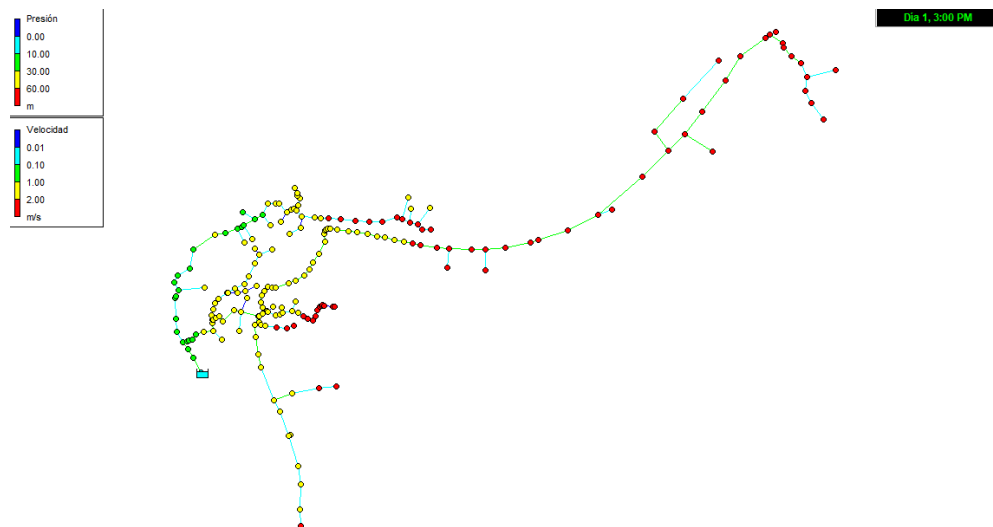
Ilustración 16. Modelación EPANET hora 11:00 am, modelo existente



Fuente: Consultoría MYR SAS

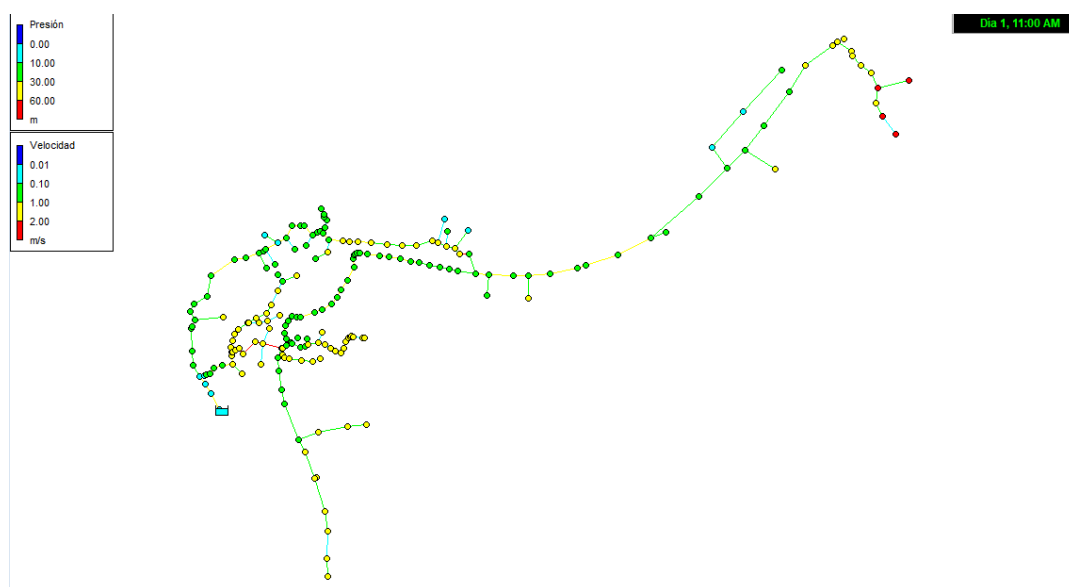
Se estableció que los lineamientos iniciales con los cuales opera el sistema se encuentra a las 3:00 y 11:00 am con problemáticas relacionadas con las bajas de presión en la zona baja de la inspección, por debajo de lo regulado en la resolución 0330 de 2017. Por lo cual se procede a verificar las conexiones de los sistemas cerrando circuitos para poder regular presiones, sin cambiar tramos de tubería que generen sobre costos a la comunidad.

Ilustración 17. Modelación EPANET hora 3:00 am, modelo existente



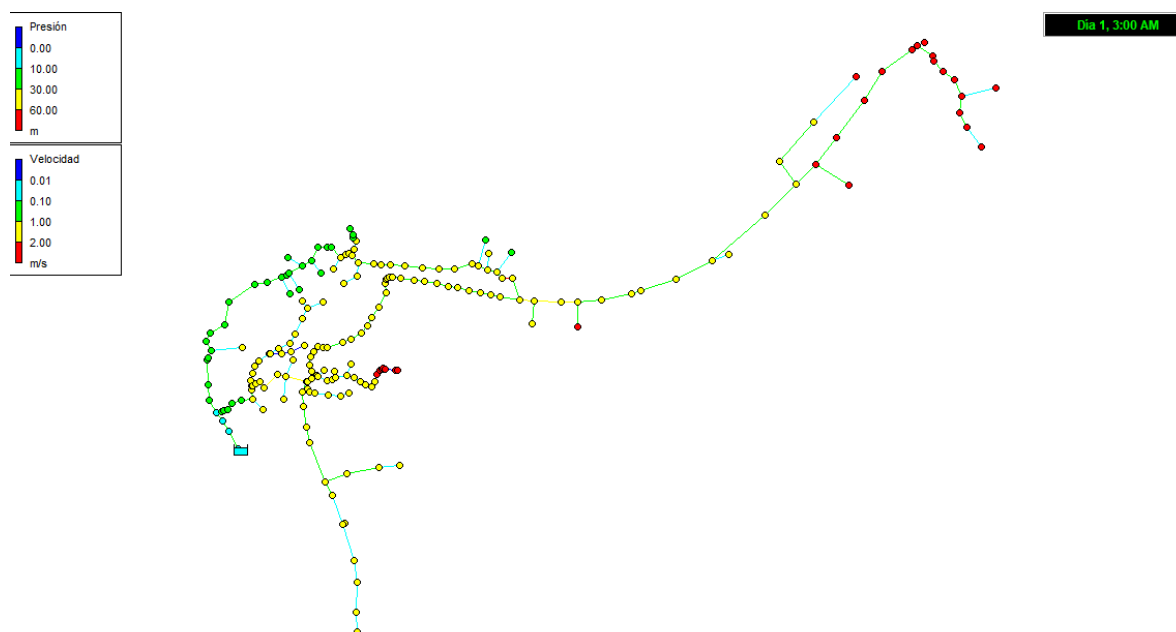
Fuente: Consultoría MYR SAS

Ilustración 18. Modelación EPANET a las 11:00 am



Fuente: adaptado y modificado de información base Consultoría MYR SAS

Ilustración 19. Modelación EPANET a las 3:00 am



Fuente: adaptado y modificado de información base Consultoría MYR SAS

8.3.9. Análisis económico de la propuesta

En la propuesta de diseño y verificación del sistema de acueducto de la inspección de El Vino, se determinó el costo estimado del proyecto, en el cual se tiene en cuenta la suma de costos Directos y costos indirectos provenientes de bases de datos de la Gobernación de Cundinamarca para la construcción de sistemas de abastecimiento. Véase **Anexo K**.

Tabla 28. Resumen de Presupuesto El Vino

RESUMEN PRESUPUESTO		
PROYECTO	PROPUESTA HIDRÁULICA PARA LA SOLUCIÓN DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN LA INSPECCIÓN EL VINO DEL MUNICIPIO DE LA VEGA - CUNDINAMARCA	
FECHA: NOVIEMBRE 2019		
1	BOCATOMA Q. EL VINO	\$ 3'211.109
2	ADUCCIÓN Y CONDUCCIÓN SISTEMA GRAVEDAD	\$ 9'420.163
3	PASO ELEVADO LÍNEA DE CONDUCCIÓN	\$ 6'418.411
4	DESARENADOR Q. EL VINO (OPTIMIZACIÓN)	\$ 5'886.349
5	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DISTRIBUCIÓN	\$ 37'647.705
TOTAL COSTOS DIRECTOS		\$ 62'583.737
ADMINISTRACIÓN		5.00% \$ 3'129.187
IMPREVISTOS		4.00% \$ 2'503.349
UTILIDAD		5.00% \$ 3'129.187
TOTAL AIU		14.00% \$ 8'761.723
IVA 19%		19.00% \$ 594.546
VALOR TOTAL PRESUPUESTO		\$ 71'940.006

Fuente: adaptado y modificado de información base Consultoría MYR SAS

No obstante, es importante aclarar que la información concebida en el presupuesto es estimada y puede variar dependiendo las cotizaciones de compra las cuales estarán a cargo de la comunidad, junto a las consideraciones especiales que determine la convocatoria "Agua a la Vereda".

8.4. FASE IV – (PROCESO DE DIVULGACIÓN Y ENTREGA A COMUNIDAD)

Se realiza socialización mediante una mesa de trabajo ante la comunidad de la inspección del El Vino, con el fin de dar a conocer la propuesta hidráulica final para la solución del sistema de abastecimiento de agua a la población.

Se logró hacer una transferencia de conocimiento a la población enfocado en la estructura del proyecto final donde se les proporcionó las soluciones e información de los beneficios que ellos como comunidad tendrían una vez se llevara a cabo su implementación y entrega de dicho documento final.

Se les informó acerca del programa que actualmente está implementando el Gobierno Departamental en unión con EPC Empresa Públicas de Cundinamarca S.A ESP, acerca de las convocatorias “agua a la vereda” de los acueductos rurales, donde ellos podían participar en dicha convocatoria y en dado caso de ser favorecidos, serian beneficiados mediante fortalecimientos técnicos. El cual consiste en reparar, hacer mantenimientos, realizar cambios de tuberías en mal estado, e instalar medidores según sea el caso, entre otras actividades y en donde la comunidad se vea involucrada dado que las reparaciones las hacen los habitantes en compañía del equipo técnico de FONDECUN y EPC.

Una vez suministrada esta información el presidente de la Junta de Acción Comunal y los habitantes manifestaron que ellos no tenían conocimiento acerca de dicha convocatoria y que para ellos resultaba una buena opción en cuanto a el mejoramiento de su acueducto veredal.

Fotografía 8. Divulgación ante la comunidad



Fuente: propia

En la socialización realizada el día 2 de noviembre del presente año se verificaron parámetros relacionados con la propuesta realizada, en la se encontraban presentes los representantes de la junta de Acción comunal y parte de los habitantes de la inspección, con el fin de conocer de las opiniones acerca del proyecto con el fin de conocer más a fondo sus inquietudes con respecto a la prestación del servicio y planes de la Junta de Acción Comunal en la participación en convocatorias de carácter gubernamental.

9. CONCLUSIONES

- El presente proyecto social se elabora con el fin de poder transmitir a la comunidad de la inspección de El Vino - Cundinamarca un insumo técnico que permita ser la base de la información acerca del estado de la infraestructura del acueducto actual, de tal manera que los representantes de la comunidad tomen decisiones con respecto a la priorización en los planes de mejora de dicho sistema.
- Se logró forjar una reflexión crítica en el desarrollo de formas asociativas del bien común con la integración de los habitantes del centro poblado, en dos situaciones que se desarrollaron en el transcurso de la estructuración del proyecto, la primera de ellas, generar un cambio de conciencia colectiva haciéndolos parte del proyecto, y por ultimo mejorar la calidad de vida de los mismos.
- Por medio del levantamiento de información se pudo establecer que la comunidad se encuentra de acuerdo con la elaboración de la propuesta hidráulica, teniendo en cuenta que dicha indagación arrojó índices de importantes preocupaciones en los aspectos de abastecimiento, salud entre sus habitantes debidos al consumo de agua y épocas de escases relacionados a los meses de septiembre a octubre.
- La propuesta hidráulica diseñada tiene como finalidad que la comunidad del centro poblado participe en las convocatorias del programa organizado por el gobierno departamental y Empresas Públicas de Cundinamarca (EPC) denominado “Agua a la Vereda”, esto con el fin de generar incentivos como lo son el fortalecimiento técnico e integral de los acueductos rurales generando así una mejora en la calidad en la cobertura de prestación del servicio.
- De las problemáticas se pudo inferir que el centro poblado de El Vino actualmente no cuenta con el permiso de concesión de aguas superficiales otorgado por la Autoridad Ambiental, por lo cual los representantes de la Junta de Acción Comunal podrán realizar el trámite respectivo, con el fin de obtener el derecho al aprovechamiento de las aguas superficiales para su respectivo y adecuado suministro, basándose en el análisis diagnóstico y mejoramiento de la estructura de captación evaluada en la propuesta hidráulica.
- Actualmente la verificación de la proyección con relación a la capacidad del tanque de almacenamiento se establece que el tanque actual no sule al 100% el abastecimiento a la población, dado que el volumen actual del tanque está por debajo al proyectado en un 73%, por consiguiente, se recomienda realizar una ampliación del tanque considerando la estructura existente de modo que a la comunidad no le genere gastos económicos.
- Se logró optimizar las mejoras en las estructuras con el fin de generar el menor impacto económico en función de proteger los intereses de los habitantes de la inspección,

teniendo en cuenta que la comunidad cuenta con escasos recursos propios., sin embargo, se procedió a la respectiva verificación básica presupuestal del estimado del proyecto, lo cual arrojó un valor total de \$ 71' 940.006,00 **SETENTA Y UN MILLONES NOVECIENTOS CUARENTA MIL SEIS PESOS MCTE**, por lo que se estima que con los recursos del programa “Agua a la Vereda” sería insuficiente para realizar las adecuaciones totales, pero abarcaría el recurso de más del 50% de las mejoras requeridas, lo que se considera un balance muy positivo teniendo en cuenta que si las obras se hubiesen concebido como infraestructura nueva, el proyecto financieramente sería inviable por los costos elevados de construcción con relación a las posibilidades de obtención de recursos de la comunidad.

10. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que el sistema a futuro cuente con una Planta de Tratamiento de Agua Potable, la cual es necesaria para el tratamiento bacteriológico del recurso hídrico de la comunidad.
- Se recomienda que el cambio o instalación de las tuberías en la red de distribución que garanticen un mejor comportamiento de las presiones, se realice con el mismo material y diámetro de los tramos a los cuales se esté conectando, con el fin de garantizar mayor estabilidad entre los materiales y sistemas de conexión.
- En la bocatoma se recomienda que se realicen mantenimientos más periódicos por lo menos de cada 3 meses en la evacuación de elementos que generen obstáculos tanto en la rejilla y la cámara de recolección y así evitar pérdidas de carga hacia la aducción.

Procurar en lo posible que se restrinja el pastoreo de bovinos cercano a la fuente principal, con el fin de generar contaminación de la fuente de consumo.

- Se recomienda poner en funcionamiento los medidores que fueron instalados en su momento, para poder determinar el consumo de agua entregada a cada casa de forma diaria. Lo cual permitirá establecer desperdicios y usos no controlados por los usuarios, además la asociación de usuarios **ACUELVINO** podrá establecer tarifas que permitan a la inspección del centro poblado usar como fin para el respectivo mantenimiento y funcionamiento del sistema de acueducto.
- Es necesario realizar el cambio del tramo de la tubería que corresponde a la aducción (bocatoma – desarenador) debido a que la tubería se encuentra semienterrada, y dado a los agentes del entorno esta cristalizada lo cual hace generar pérdidas en el sistema por fugas, así mismo realizar el cambio de los accesorios que también hacen parte de la aducción.
- Se recomienda que, a las estructuras como la bocatoma, el desarenador y al tanque en su sección de aireación de agua se les instale en la parte superior de cada estructura una malla o poli sombra para evitar que las hojas de los árboles caigan dentro y se descompongan además que genere colmatación en la tubería.
- Dado que la inspección del El Vino no posee una planta de tratamiento de agua potable, se recomienda la construcción de una planta de potabilización de agua PTAP, la cual beneficiaría en un gran impacto a los habitantes generando en cada uno de ellos una mejor calidad de vida logrando así la mitigación de que la población padezca de enfermedades de origen hídrico dado que los afectados en estos casos resultan siendo niños.

- Es importante que los habitantes del centro poblado empleen alternativas para generar protección a los nacimientos de aguas del mismo modo que se garantice el suministro de agua para un futuro, además realizar jornadas de mantenimiento cada seis meses a las estructuras existentes para evitar inconvenientes técnicos en la red del sistema de abastecimiento de agua potable para mantener siempre una calidad óptima del servicio.

ANEXOS

Anexo A. Certificación de usuarios 2011 & 2015

Anexo B. Solicitud de la comunidad

Anexo C. Carta de entrega de informe técnico a la comunidad

Anexo D. Topografía base y catastro de redes

Anexo E. Hidrología base de la consultoría Consorcio Aguas de Cundinamarca

Anexo F. Cálculos de los Métodos de población (Excel)

Anexo G. Cálculos de verificación de la Bocatoma (Excel)

Anexo H. Cálculos de aducción y desarenador (Excel)

Anexo I. Calculo y verificación del Tanque de Almacenamiento (Excel)

Anexo J. Modelos de cálculo de EPANET (Red Conducción y Distribución)

Anexo K. Presupuesto estimado de las mejoras de las obras.

BIBLIOGRAFÍA

- ALDANA, M.J. y LÓPEZ, F.S., 2017. Water Distribution System of Bogotá City and Its Surrounding Area, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá - EAB E.S.P. *Procedia Engineering*, vol. 186, pp. 643-653. ISSN 18777058. DOI 10.1016/j.proeng.2017.03.281.
- BUISMAN, C., 2016. Cees Buisman and Leon Korving at Wetsus review the challenges in developing sustainable technologies in water. 6.1. , pp. 187-199.
- CONSTRUDATA, 2014. Revista del Agua, En Colombia, dos ciudades ya subsidian el mínimo vital de agua potable a su población y una tercera lo tiene proyectado. Serán más de 700 mil hogares los que recibirán el beneficio. *Legis S.A.*, pp. 39-43.
- CUNDINAMARCA, E.P. de, 2018. Cerca de \$17.000 millones para proyectos de agua potable y saneamiento básico en Cundinamarca. [en línea], Disponible en: <http://www.cundinamarca.gov.co/Home/prensa2018/asnoticiasprensa/proyectos+de+agua+potable+y+saneamiento>.
- DAHAN, S., 2016. El ods 6 sobre agua y saneamiento es esencial para el desarrollo sostenible. [en línea], Disponible en: <https://blogs.worldbank.org/opendata/es/el-ods-6-sobre-agua-y-saneamiento-es-esencial-para-el-desarrollo-sostenible>.
- DELGADO GÓMEZ, P., 2018. PARA 2030 LA COBERTURA DEBE SER UNIVERSAL Lo que falta en suministro de agua y alcantarillado en Colombia. [en línea], Disponible en: <https://www.elespectador.com/economia/lo-que-falta-en-suministro-de-agua-y-alcantarillado-en-colombia-articulo-802501>.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN., 2015. EVOLUCIÓN DE LAS COBERTURAS DE LOS SERVICIOS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO (1985-2013). ,
- EPC, F., 2019. PROGRAMA AGUA A LA VEREDA Bogotá D. C Formato de Referencia : Inclusión al programa “ Agua a la Vereda ”. , no. 28.
- EVALUACIÓN, H.D.E., RECURSO, D.E.L. y COLOMBIANO, H., 2008. Relaciones Demanda-Oferta De Agua. , no. December.
- GARCIA, N., 2019. *Programa de gobierno Gobernador (E) Nicolas Garcia* [en línea]. 2019. S.l.: s.n. Disponible en: <https://nicolasgarcia.com/programa-de-gobierno/>.
- GOBERNACIÓN DE CUNDINAMARCA, 2019. *325 acueductos rurales se presentaron a la cuarta convocatoria de «Agua a la Vereda»* [en línea]. 2019. S.l.: s.n. Disponible en: <http://www.cundinamarca.gov.co/Home/prensa2018/asnoticiasprensa/325+acueductos+rurales+se+presentaron+a+la+iv+convocatoria+de+agua+a+la+vereda>.
- GOMEZ BUSTOS, I.J., 2014. The collective action for water in Colombia and the referendum as direct democracy approach. *Análisis Político; Vol. 27, núm. 80 (2014); 79-103 0121-4705*,
- GOWING, J., RESTREPO-TARQUINO, I., PATTERSON, C., TORRES-LÓPEZ, W. y DOMINGUEZ RIVERA, I., 2015. Self-supply as an alternative approach to water access in rural scattered regions: evidence from a rural microcatchment in Colombia. *Ingeniería y Universidad*, vol. 20, no. 1, pp. 107-127. ISSN 0123-2126. DOI 10.11144/javeriana.iyu20-1.ssaa.
- HERNÁNDEZ RENDÓN, S., CHAURRA SILVA, M., MONTOYA GIRALDO, J., URREGO ÁLVAREZ, A. y RÍOS OSORIO, L., 2010. Parasitosis Intestinales y su relación con factores higiénicos y sanitarios en habitantes de las veredas Rio Abajo, Los Pinos, Rionegro, Antioquia, 2008. *Rev Hechos Microbiol*, vol. 1, no. 1, pp. 17-25.
- HEYER, L., RAMOS, O.G., RIVERA, P. y CASTRO, B.I., 2008. Tamaulipas. , vol. 2, no. 4, pp. 46-49.

- LLANO-ARIAS, V., 2015. Community knowledge sharing and co-production of water services: Two cases of community aqueduct associations in Colombia. *Water Alternatives*, vol. 8, no. 2, pp. 77-98. ISSN 19650175.
- OMS-UNICEF, 2019. *drinking-water* @ *www.who.int* [en línea]. 2019. S.l.: s.n. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>.
- OMS, 2017. 2100 millones de personas carecen de agua potable en el hogar y más del doble no disponen de saneamiento seguro. [en línea]. Ginebra, 12 julio 2017. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/detail/12-07-2017-2-1-billion-people-lack-safe-drinking-water-at-home-more-than-twice-as-many-lack-safe-sanitation>.
- PIMENTEL-EQUIHUA, J.L., VELÁZQUEZ-MACHUCA, M. y PALERM-VIQUEIRA, J., 2012. Capacidades locales y de gestión social para el abasto de agua doméstica en comunidades rurales del valle de Zamora, Michoacán, México. *Agricultura, Sociedad Y Desarrollo*, vol. 9, no. 2, pp. 107-121. ISSN 1870-5472.
- PNUD, 2019. ODS- OBJETIVO N°6 «*Agua limpia y saneamiento*». [en línea]. 2019. S.l.: s.n. Disponible en: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-6-clean-water-and-sanitation.html>.
- RECAMÁN, L., 2017. Planificación Ambiental Como Estrategia Para La Conservación De Una Fuente De Abastecimiento. *Ambiente y Sostenibilidad*, vol. 2, no. 1, pp. 50. DOI 10.25100/ays.v2i1.4327.